

Reduzierte Bodenbearbeitung und Gründünger für nachhaltige Anbau- systeme im biologischen Landbau



TILMAN-ORG
A European Network



DI Andreas Surböck und Mag. Andreas Kranzler

Wien, im Oktober 2014

Forschungsprojekt Nr. 100803 (BMLFUW-LE.1.3.2/0050-II/1/2011)

Der österreichische Projektteil wurde im Rahmen des europäischen ERA-Net-Projekts Core Organic II vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft finanziell gefördert.

EXCELLENCE FOR SUSTAINABILITY

Das FiBL hat Standorte in der Schweiz, Deutschland und Österreich
FiBL offices located in Switzerland, Germany and Austria
FiBL est basé en Suisse, Allemagne et Autriche

FiBL Österreich /Austria
Doblhoffgasse 7/10, A-1010 Wien
Telefon +43 1 9076313
Fax +43 1 9076313-20
info.oesterreich@fibl.org, www.fibl.org

Inhalt

1. Kurzbeschreibung Gesamtprojekt	3
2. Teilprojekt FiBL Österreich	5
2.1 Teilnahme Meetings und Workshops Gesamtprojekt	5
2.2 Betriebsbefragung	7
2.2.1 Einleitung und Ziele	7
2.2.2 Material und Methoden, Vorgehen	8
2.2.3 Ergebnisse	9
2.3 On-Farm Streifenversuch	15
2.3.1 Einleitung und Ziele	15
2.3.2 Material und Methoden	15
2.3.3 Ergebnisse	24
3. Diskussion und Schlussfolgerungen	45
4. Danksagung	50
5. Literatur	50
6. Anhang	53
7. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	55

1. Kurzbeschreibung Gesamtprojekt

Das Projekt „Reduzierte Bodenbearbeitung und Gründünger für nachhaltige Anbausysteme im biologischen Landbau (TILMAN-ORG)“ wurde im Rahmen des Europäischen Forschungsnetzwerkes ERA-Net-Projekt Core Organic II (Koordination transnationaler Forschungsaktivitäten) durchgeführt. Beteiligt waren 15 Forschungspartner aus elf europäischen Ländern. Die finanzielle Förderung erfolgte durch die jeweiligen nationalen Geldgeber. Geleitet wurde das Projekt von Dr. Paul Mäder vom Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Schweiz. Die Projektlaufzeit war drei Jahre (01.09.2011 bis 31.08.2014).

Das Ziel des TILMAN-ORG Projekts war die reduzierte, schonende Bodenbearbeitung in Verbindung mit dem Einsatz von Gründüngern unter Biobedingungen weiter zu verbessern. Reduzierte Bodenbearbeitung und Gründüngung schonen - im Vergleich zum Pflug - die Bodenstruktur und erhöhen die Bodenfruchtbarkeit. Der Boden wird stabiler, der Humusgehalt und die biologische Aktivität nehmen zu, die Nährstoffaustauschkapazität verbessert sich. Dank reduziertem Einsatz der Maschinen (z. B. durch geringeren Zugkraftbedarf oder weniger Überfahrten) verringert sich der Dieserverbrauch. Während die pfluglose Bodenbearbeitung in der konventionellen Landwirtschaft bereits weit verbreitet ist, galt das Verfahren unter biologischen Anbaubedingungen bis vor Kurzem als schwer umsetzbar, da es die Ausbreitung von Wurzelunkräutern fördert. Zudem kann die Mineralisierung von Stickstoff aus Boden und Wirtschaftsdüngern im Frühjahr unter Umständen nicht ausreichend sein.

Durch Optimierung der Systeme zur reduzierten Bodenbearbeitung in Verbindung mit dem gezielten Einsatz von Gründüngern sollen die Erträge mittels Verbesserung der Nährstoffeffizienz und des Beikrautmanagements gesteigert, die Bodenqualität und die Biodiversität weiter gefördert sowie die Treibhausgasemissionen verringert werden.

Die Identifizierung und Entwicklung geeigneter Anbausysteme erfolgte dabei mit einem integrierten Ansatz in insgesamt sechs Arbeitspaketen (Workpackages - WP):

- durch Erhebung der Erfahrungen und Erkenntnisse von LandwirtInnen zu reduzierter Bodenbearbeitung und den Einsatz von Gründüngern sowie der Auswertung bestehender Daten von Langzeitversuchen und der vorliegenden Literatur zu reduzierter Bodenbearbeitung und Gründüngungssystemen vor allem in Bezug auf Ertragsstabilität, Bodenqualität und Biodiversität (WP 1 und WP 2).
- durch Durchführung von weiteren Untersuchungen zu den Themen Bodenqualität, Treibhausgasemissionen, Beikrautregulierung, Biodiversität, sowie Ertragsentwicklung und Nährstoffversorgung in verschiedenen Bodenbearbeitungsversuchen der beteiligten Partner unter Berücksichtigung verschiedener Bodentypen und Klimabedingungen (WP 3 bis WP 5).
- durch Entwicklung von optimierten und praxistauglichen Anbausystemen für verschiedene Regionen Europas mittels Modellierungen auf Basis der Ergebnisse der oben genannten Erhebungen (WP 6).

Die Abbildung 1 zeigt die Struktur des Gesamtprojekts durch Darstellung der Inhalte der einzelnen Arbeitspakete (Workpackages - WP) und der jeweils verantwortlichen Personen.

Abbildung 1: Projektstruktur TILMAN-ORG

WP0: Coordination and Dissemination <i>Co: Paul Mäder (FiBL); DCo: Christophe David (ISARA); Dissemination M: Helga Willer (FiBL)</i>		
WP1: Management of mid-term and long-term experiments on reduced tillage and green manure across Europe <i>M: Paul Mäder (FiBL); DM: Julia Cooper (UNEW)</i>		
WP2: Effects of reduced tillage and green manures on crop performance (yield and quality indicators), weed management and soil quality: a state of the art analysis <i>M: Julia Cooper (UNEW); DM: Joséphine Peigné (ISARA)</i>		
WP3: Impact of reduced tillage and green manure on soil quality and greenhouse gas emissions <i>M: Michael Schloter (HMGU) DM: Andreas Fließbach (FiBL)</i>	WP4: Improved weed management and functional weed biodiversity under conservation methods <i>M: Paolo Barberi (SSSA) DM: Xavier Sans (UB)</i>	WP5: Improved nutrient management in reduced tillage systems by use of green manures and appropriate off-farm inputs <i>M: Sjef Staps (LBI) DM: Koen Willekens (ILVO)</i>
WP6: Prototyping of sustainable conservation agriculture systems by use of knowledge based assessment <i>M: Joséphine Peigné (ISARA), DM: Wijnand Sukkel (WUR-APR)</i>		

Mit einer Website (www.tilman-org.net) wird das Gesamtprojekt der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Diese enthält nähere Informationen zu den Zielen und der Struktur des Projekts und zu den einzelnen Arbeitspaketen sowie kurze Beschreibungen von allen Projektpartnern. Weiters wird über Aktivitäten im Rahmen des Gesamtprojekts und der Partner in den einzelnen Ländern informiert. Mit Videos werden Projektergebnisse und ausgewählte Themen zur reduzierten Bodenbearbeitung und Gründüngung präsentiert.

2. Teilprojekt FiBL Österreich

Das FiBL Österreich war im Rahmen des TILMAN-ORG Projekts in die Bearbeitung der Workpackages WP0, WP1, WP2, WP3, WP4 und WP6 eingebunden. In Österreich wurden eine Betriebsbefragung durchgeführt sowie Daten in einen On-Farm Streifenversuch erhoben und die Ergebnisse in die gemeinsame Auswertung des Gesamtprojekts eingebracht.

Das Projekt TILMAN-ORG wird auf der Website des Bildungsprojekts „Bionet“ (www.bio-net.at) unter dem Punkt „Partnerprojekte“ kurz beschrieben und vorgestellt. Der Link zur Website des Gesamtprojekts TILMAN-ORG ist angegeben.

2.1 Teilnahme Meetings und Workshops Gesamtprojekt

Im Rahmen von TILMAN-ORG fanden drei Meetings für alle Projektpartner und mehrere Workshops in den einzelnen Workpackages statt. Das FiBL Österreich hat an folgenden Projekttreffen teilgenommen:

Gesamtprojektmeetings:

Vom 14. bis 15. November 2011 wurde in Frick in der Schweiz am Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) ein Kick off Meeting für alle Projektpartner abgehalten. Das Meeting diente zur Vorstellung und Diskussion der Inhalte und Aufgaben aller Workpackages, der Planung der weiteren Arbeitsschritte, dem Abklären von wichtigen organisatorischen Fragen und dem weiteren Kennenlernen aller Projektpartner.

Beim Interim Meeting am 21. und 22. Jänner 2013 in Birmingham in Großbritannien wurden erste Ergebnisse aus dem Projekt vorgestellt und diskutiert sowie die weiteren Arbeitsschritte besprochen. Die vorliegenden Detailergebnisse der einzelnen Projektpartner wurden mit Postern präsentiert.

Das Final Meeting vom 25. bis 27. Juni 2014 beim Projektpartner ISARA-Lyon in Frankreich diente der Präsentation, Diskussion und Interpretation aller im TILMAN Projekt erarbeiteten Ergebnisse. Die Projektpartner stellten ihre Detailergebnisse im Rahmen einer Posterführung vor. Der aktuelle Stand und die geplanten Aktivitäten zur Dissemination der Ergebnisse wurden diskutiert.

Meetings im Rahmen der Workpackages 4 und 6:

Ein Workshop zum Workpackage 4 am 26. und 27. November 2012 in Pisa in Italien diente der Präsentation und Diskussion der Ergebnisse zur Beikrautentwicklung in den einzelnen Versuchen aus dem ersten Erhebungsjahr und der Besprechung und Abstimmung der angewandten Methodik.

Am 20. Jänner 2013, einen Tag vor dem Interim Meeting, fand in Birmingham ein Workshop im Rahmen des Workpackage 6 statt. Auf Basis der Ergebnisse der Interviews der Praxisbetriebe und der Erfahrungen der Projektpartner wurden Ziele definiert und drei auf diese Ziele abgestimmte Anbausysteme mit reduzierter Bodenbearbeitung für den biologischen Landbau entwickelt und diskutiert.

Vom 25. bis 27. November 2013 wurden in Barcelona Workshops im Rahmen von mehreren Workpackages abgehalten. Im Workpackage 4 wurden die Ergebnisse des zweiten Erhebungsjahres zur Beikrautentwicklung präsentiert und die gemeinsame Datenauswertung erörtert. Im Workpackage 6 wurden die in Birmingham erarbeiteten Anbausysteme nach ihrer Evaluation mit dem Modell MASC weiterentwickelt und verbessert.

2.2 Betriebsbefragung

2.2.1 Einleitung und Ziele

Ein Schwerpunkt des WP 2 in Österreich waren Betriebsbefragungen. Die Vorgaben dazu aus dem Projekt waren LandwirtInnen zu finden, welche Techniken der reduzierten Bodenbearbeitung oder der Direktsaat anwenden und eine Gründüngung durchführen.

Die Ziele der Befragung waren:

- › die Vielfalt der konservierenden Bewirtschaftungstechniken (Direktsaat, reduzierter Bodenbearbeitung, Gründüngung) in der biologischen Landwirtschaft in Europa und die Kombination dieser Techniken in den Betrieben zu ermitteln.
- › die Motivation der Betriebe diese Techniken anzuwenden zu ermitteln und ihr Motivationsprofil zu analysieren;
- › die hauptsächlichen Schwierigkeiten der Betriebe mit den konservierenden Bewirtschaftungsmethoden zu ermitteln;
- › die möglichen Beziehungen zwischen den Motiven der Betriebe und der jeweils angewandten konservierenden Bewirtschaftungstechnik zu analysieren;
- › und aus den Ergebnissen vielversprechende Techniken für eine weitere Forschung zu identifizieren.

Die konservierenden Bewirtschaftungstechniken sind im Projekt folgendermaßen definiert:

Definition Direktsaat: Direktsaat (oder "Null-Bodenbearbeitung") ist ein konservierendes Bodenbearbeitungsverfahren, bei welchem die Kultur direkt in den seit der Ernte der Vorfrucht oder seit der Aussaat einer Zwischenfrucht nicht bearbeiteten Boden eingesät wird. Bei der Saat wird der Boden nur in der Saatreihe mit einer speziellen Sämaschine auf Saattiefe geöffnet und nach der Saat wieder geschlossen. Sonst wird keine weitere Bodenbearbeitung durchgeführt.

Definition reduzierte Bodenbearbeitung: Jede Bodenbearbeitungsmethode mit einer geringeren Arbeitstiefe als die herkömmliche Praxis und/oder eine nicht-wendende Bodenbearbeitungsmethode wie z.B. Grubbern.

Definition Gründünger (Gründüngung): Ein Gründünger (eine Gründüngung) ist jede Kultur (Feldfrucht), die vorwiegend oder einzig für den Zweck des Schutzes und der Verbesserung des Bodens angebaut wird. Das beinhaltet die N-Versorgung für die nachfolgende Kultur zu erhöhen, die Gehalte der organischen Bodensubstanz zu erhöhen, die Populationen und das Auftreten von Schädlingen und Krankheiten zu verringern, die Beikrautkonkurrenz in der nachfolgenden Kultur zu minimieren sowie die Bodenerosion zu reduzieren.

Ein- oder mehrjährige Futterpflanzen können als Gründünger angesehen werden, wenn mindestens ein Schnitt als Mulchmaterial am Feld belassen und nicht abgefahren wird.

2.2.2 Material und Methoden, Vorgehen

Vom Projektpartner ISARA Lyon aus Frankreich wurde ein Fragebogen in englischer Sprache erstellt. Der Fragebogen bestand im Wesentlichen aus drei Teilen:

- allgemeine Fragen zum Betrieb und der Bewirtschaftung
- Fragen zu den Motiven (Beweggründen) für die Anwendung konservierender Bewirtschaftungsmethoden (Direktsaat, reduzierte Bodenbearbeitung, Gründüngung) und zu möglichen Schwierigkeiten bei ihrer Anwendung
- Fragen zur konkreten Anwendung dieser Methoden bei einzelnen Kulturen (Formular „Kulturmaßnahmen“). Die Daten sollten für mindestens zwei Kulturen (ein Wintergetreide und eine Sommerkultur) angegeben werden.

Der Fragebogen bestand aus geschlossenen Fragen, d.h. die Antwortmöglichkeiten waren vorgegeben und auszuwählen. Bei den Motiven (Beweggründen) und Schwierigkeiten sollten die LandwirtInnen die Wichtigkeit von 12 vorgegebenen möglichen Motiven und 12 vorgegebenen möglichen Schwierigkeiten zu jeder konservierenden Bewirtschaftungsmethode anhand einer Likert-Skala bewerten. Diese Liste wurde um einige in Österreich als regional wichtig eingestufte Punkte (z.B. Verbesserung des Bodenwasserhaushaltes) ergänzt. Die Skala war 5-stufig von „Nicht wichtig = Unbedeutend“ mit der Kennzahl 1 bis „Äußerst wichtig = Äußerst bedeutend“ mit der Kennzahl 5 (Tabelle 1). Für die Auswertung und Reihung der Antworten wurde ein Mittelwert aus den von den LandwirtInnen abgegebenen Bewertungen für jedes Motiv und jede Schwierigkeit berechnet. Für die Interpretation der Ergebnisse bedeutet das, dass je höher dieser errechnete Wert ist, desto wichtiger ist im Mittel das Motiv bzw. das Problem.

Tabelle 1: Bewertungsskala zur Frage der Motive und Schwierigkeiten im Fragebogen

Nicht wichtig	Weniger wichtig	Wichtig	Sehr wichtig	Äußerst wichtig
1	2	3	4	5

Die Befragung der Betriebe wurde in folgenden Arbeitsschritten durchgeführt:

Nach Zusendung des Fragebogens von ISARA wurde der Text in Abstimmung mit der Universität Kassel (WIZ) auf Deutsch übersetzt. Der übersetzte Fragebogen wurde FiBL intern und durch ausgewählte Landwirte auf Verständlichkeit geprüft.

Die Suche nach Betrieben erfolgte über das Bionet-Netzwerk mit Hilfe der Bio-Berater und einigen Landwirten mit langjähriger Erfahrung mit reduzierten Bodenbearbeitungssystemen nach folgenden Kriterien:

- Generell Betriebe mit reduzierter Bearbeitungstiefe und/oder nicht wendender Bodenbearbeitung und Betriebe mit Direktsaat.
- Vorrangig Betriebe, welche die reduzierte Bodenbearbeitung kontinuierlich über ihre gesamte Fruchtfolge anwenden.
- Wenn möglich Betriebe, welche gezielt und innovativ die Gründüngung einsetzen und diese mit der Technik der reduzierten Bodenbearbeitung und/oder der Direktsaat kombinieren
- Betriebe mit bereits gewisser Erfahrung mit reduzierter Bodenbearbeitung und/oder Direktsaat sowie mit der biologischen Bewirtschaftung

- Betriebe aus mehreren Bundesländern ohne Vorgaben bezüglich Bodenverhältnisse, Klimabedingungen und Produktionszweige

Nach Erhalt der Informationen zu den passenden Betrieben wurden diese kontaktiert. Die LandwirtInnen wurden über die Ziele und Inhalte des Projekts und der Befragung informiert und um Teilnahme an der Befragung gebeten. Den interessierten Betrieben wurde der Fragebogen per Mail oder am Postweg zugesandt. Im Burgenland erfolgte die Anfrage bei den LandwirtInnen und die Aussendung des Fragebogens direkt über den Berater der Bio Austria. Die Zusendung der Fragebögen, das Ausfüllen und die Rücksendung des Fragebogens umfasste den Zeitraum Anfang April 2012 bis Ende Juni 2012.

Danach wurden die Daten aus den Fragebögen geprüft, in eine von ISARA vorgegebene Datenbankstruktur (Excel-Matrix), in Englisch übersetzt, eingegeben und an ISARA gesandt. ISARA hat die Daten aus den Befragungen von insgesamt 159 Betrieben aus Belgien, Estland, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Irland, Österreich, Schweiz und Spanien gemeinsam ausgewertet.

2.2.3 Ergebnisse

Der Fragebogen wurde in Österreich von insgesamt 16 Bio-Betrieben ausgefüllt und retourniert. 11 Betriebe davon kommen aus Niederösterreich, 5 aus dem Burgenland und 3 aus Oberösterreich.

7 Betriebe liegen in trockenen Anbauregionen mit einem mittleren Jahresniederschlag von unter 600 mm bzw. weist ein Betrieb davon einen Jahresniederschlag von 618 mm auf. 9 Betriebe sind mit einem mittleren Jahresniederschlag von über 700 mm den feuchteren Anbauregionen zuzuordnen. Die Bodenverhältnisse der Betriebe sind sehr unterschiedlich und reichen von leichten sandigen Böden bis schweren tonigen Böden, am häufigsten wurde jedoch von den Betrieben die Bodenart sandiger Lehm genannt.

Betriebsstruktur und Bodenbearbeitungssysteme:

Zum Zeitpunkt der Befragung wirtschafteten die Betriebe zwischen 3 und 23 Jahre und im Durchschnitt seit 13 Jahren biologisch. Der Haupterwerbszweig ist bei fast allen Betrieben der Ackerbau. 9 Betriebe setzen neben der Gründüngung eigene Wirtschaftsdünger oder zugekaufte organische Dünger, wie z.B. kommunalen Kompost, ein. Die Größenstruktur der Betriebe ist sehr unterschiedlich und reicht von 16 bis 117 Hektar Ackerfläche mit einem Medianwert von 38 Hektar. Auf durchschnittlich 19 % der Ackerfläche der Betriebe werden Futterleguminosen angebaut (Tabelle 2).

Tabelle 2: Größenstruktur der befragte Betriebe (n=16)

Parameter	Gesamte landw. genutzte Fläche (in ha)	Gesamte Ackerfläche (in ha)	Anteil Klee(-gras)/ Luzerne(-gras) (in % der Ackerfläche)
Mittelwert	59,3	56,4	19,0
Median	46,0	38,0	18,1
Minimum	17,4	16,4	0,0
Maximum	117,0	117,0	48,1

Bezüglich der Bodenbearbeitungssysteme arbeitet ein Betrieb mit einem Dammkultursystem, 4 Betriebe setzen einen sehr flach arbeitenden Grubber nach dem System Wenz Eco-Dyn ein und 11 Betriebe führen ihre Bodenbearbeitung mit verschiedenen Grubbertypen durch. Mit Ausnahme von 3 Betrieben, die gelegentlich bei einzelnen Kulturen noch auf den Pflug zurückgreifen, arbeiten alle Betriebe durchgehend über ihre gesamte Fruchtfolge mit reduzierter, nicht-wendender Bodenbearbeitung.

Die Zeitdauer der Erfahrungen mit der reduzierten Bodenbearbeitung ist sehr unterschiedlich und reicht von 4 bis 31 Jahre (im Durchschnitt 14 Jahre). Eine Gründüngung wird in unterschiedlichster Form in allen Betrieben seit langer Zeit (bei allen Betrieben seit über 10 Jahren, im Durchschnitt der Betriebe seit 20 Jahren) durchgeführt.

5 der 16 Betriebe haben in den letzten Jahren bei einzelnen ausgewählten Kulturen (Winterweizen, Mais, Sojabohnen) eine Direktsaat ausprobiert.

Beweggründe für konservierende Bewirtschaftung:

In Abbildung 2 sind die Beweggründe der befragten Betriebe für die Anwendung einer reduzierten Bodenbearbeitung nach ihrer Wichtigkeit gereiht.

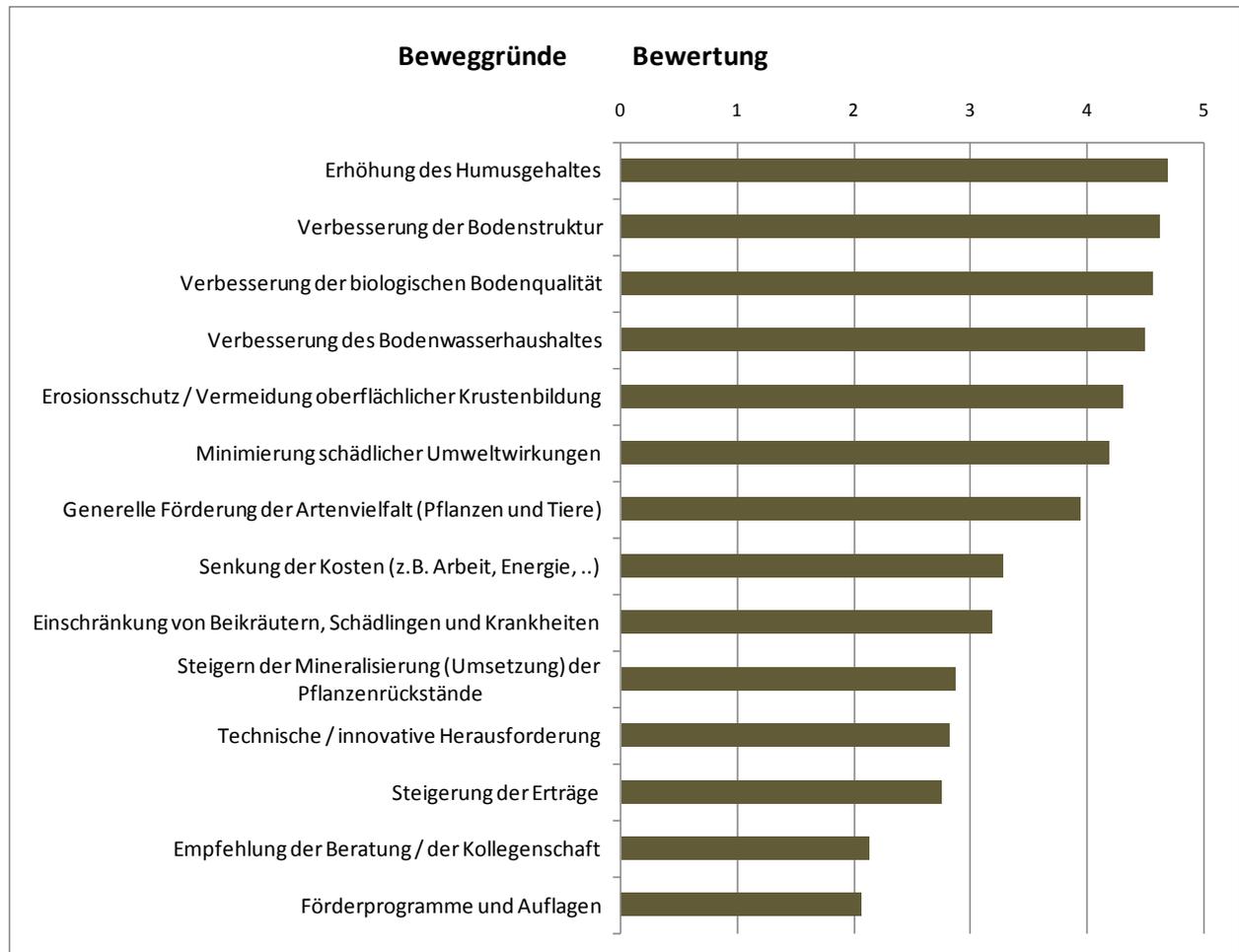


Abbildung 2: Wichtigkeit der Beweggründe der befragten Betriebe (n=16) für die Durchführung der reduzierten Bodenbearbeitung.

Auf den ersten fünf Stellen stehen nur Motive für die Anwendung der reduzierten Bodenbearbeitung, die in Verbindung mit der Verbesserung der Bodenqualität und dem Schutz des Bodens stehen. Diese Hauptmotive haben auch eine hohe mittlere Bewertungszahl zwischen 4 und 5 von „Sehr Wichtig“ bis „Äußerst Wichtig“. Danach folgen die „Umweltmotive“ Minimierung schädlicher Umweltwirkungen und Förderung der Artenvielfalt mit einer noch hohen mittleren Bewertungszahl um die 4. Die Beweggründe Senkung der Kosten und Steigerung der Erträge werden zwar mit einer mittleren Bewertungszahl knapp über bzw. unter 3 als „Wichtig“ eingestuft, sind damit aber in der Gesamtreihung aber nur im mittleren bis hinteren Feld zu finden.

Die Reihung der Beweggründe der Betriebe für die Durchführung einer Gründung ist in der Abbildung 3 dargestellt. Bei dieser Reihung stehen wie bei der reduzierten Bodenbearbeitung Motive, die in Verbindung mit der Verbesserung der Bodenqualität stehen, mit einer hohen Bewertung auf den ersten Stellen. Wichtige Motive für eine Gründung sind auch die Verbesserung des Stickstoffhaushaltes im Betrieb bzw. auf den

Ackerflächen. Die Steigerung der Erträge der nachfolgenden Kulturen wird im Mittel als „Sehr wichtig“ für den Anbau einer Gründüngungskultur angesehen. Dieser Beweggrund wird damit für die Gründüngung deutlich höher als für die reduzierte Bodenbearbeitung eingestuft.

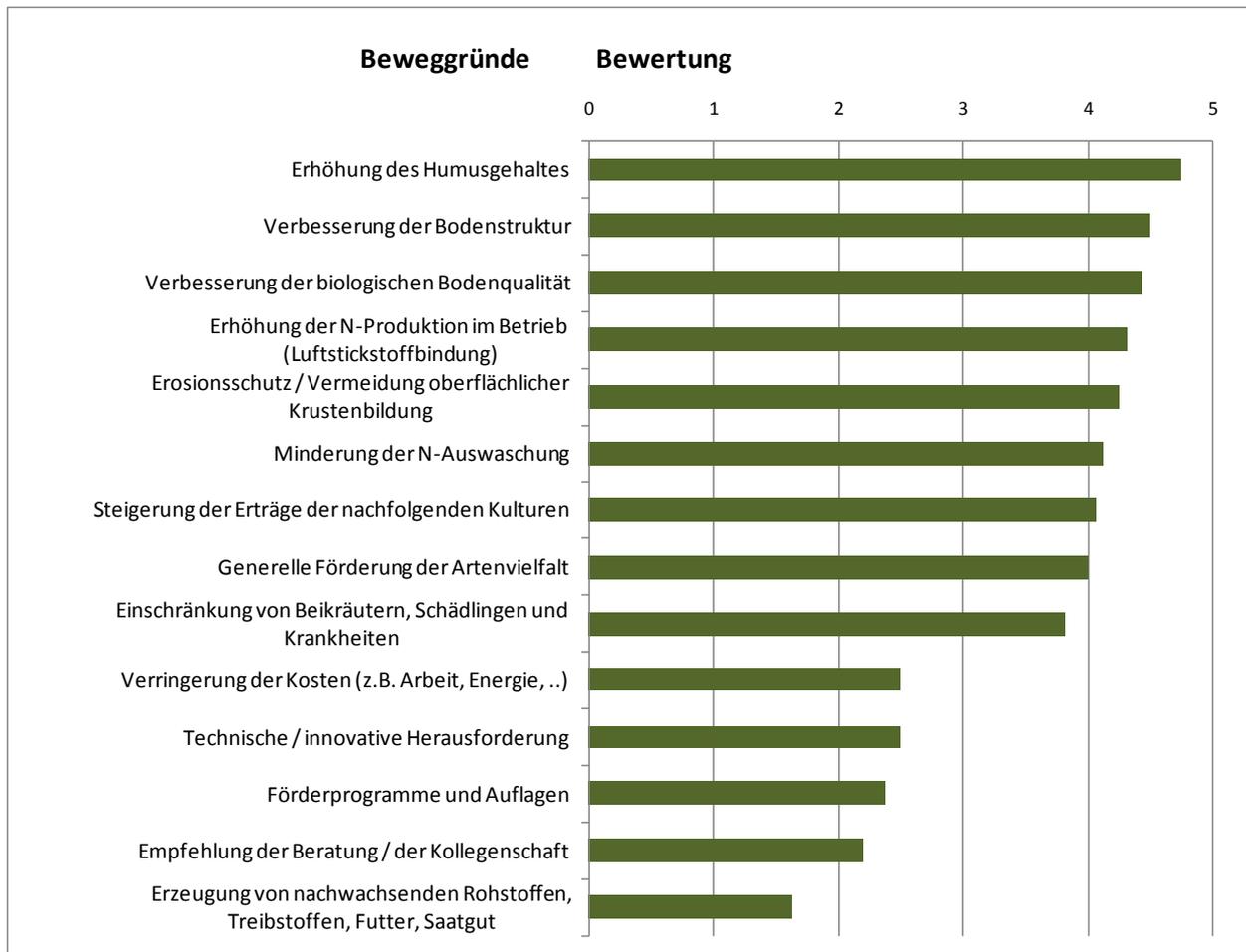


Abbildung 3: Wichtigkeit der Beweggründe der befragten Betriebe (n=16) für die Durchführung einer Gründüngung.

Schwierigkeiten bei der konservierenden Bewirtschaftung:

Die Abbildung 4 zeigt die Reihung der Schwierigkeiten der befragten Betriebe bei Anwendung der reduzierten Bodenbearbeitung. Auffällig ist, dass die mittlere Bewertung über alle vorgegebenen Probleme sehr ausgeglichen ist und im Durchschnitt zwischen knapp unter 2 („Weniger Wichtig“) und knapp unter 3 („Wichtig“) liegt. Im Vergleich der Betriebe wurden die Schwierigkeiten jedoch sehr unterschiedlich beurteilt, d.h. dass jedes Problem eine Einstufung fast über die gesamte Skala von 1 bis 4, teilweise auch bis 5 bekam.

Die Hauptprobleme liegen in der Beikrautkonkurrenz und der Regulierung der aufkommenden Beikräuter sowie in der geringeren Ertragsstabilität bei Anwendung der reduzierten Bodenbearbeitung. An vorderster Stelle stehen auch Bodenprobleme, wie die Verdichtung oder eine eingeschränkte Stickstoffnachlieferung. Als weniger problematisch wurde die Eignung der vorhandenen Maschinen für die reduzierte Bodenbearbeitung und die Sätechnik eingestuft.

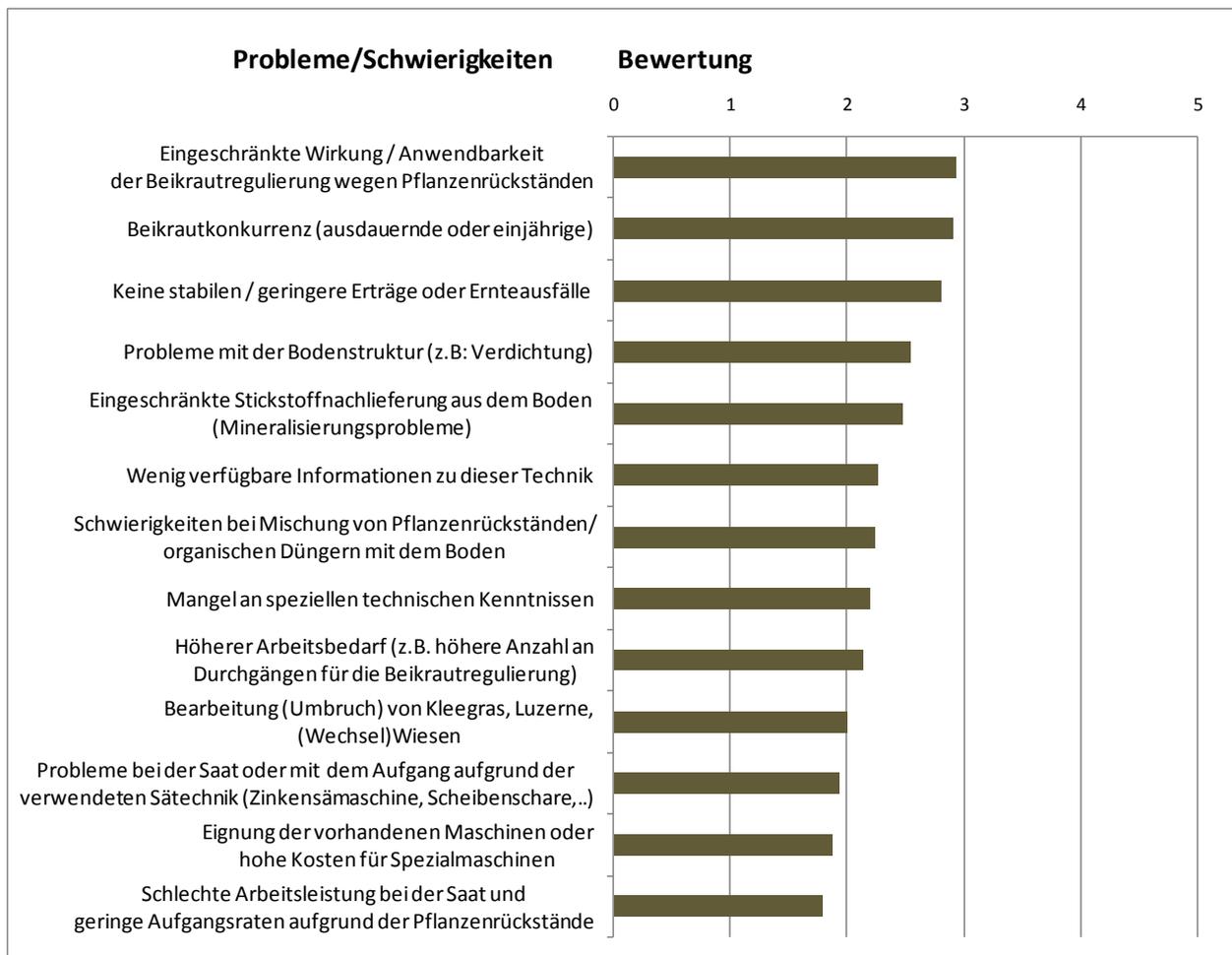


Abbildung 4: Bedeutung der Schwierigkeiten der befragten Betriebe (n=16) bei der Durchführung der reduzierten Bodenbearbeitung.

Ein ähnliches Bild wie bei der reduzierten Bodenbearbeitung zeigt die Reihung der Schwierigkeiten der befragten Betriebe bei Anwendung der Gründüngung (Abbildung 5). Auch hier ist die Bewertung der vorgegebenen Probleme im Durchschnitt sehr ausgeglichen mit mittleren Bewertungszahlen von 1,5 bis 3 und sehr unterschiedlicher Beurteilung der einzelnen Probleme im Vergleich der Betriebe.

Das Hauptproblem sind ungünstige Bedingungen für die Anlage der Gründüngung. In weitere Folge kommen die Beikrautkonkurrenz und die Beikrautregulierung, die über eine mehrmalige Bodenbearbeitung bei Anlage einer Gründüngung nur in einem kurzen Zeitraum möglich ist. Danach folgen die Saatgutkosten, welche eine Reihe von Problemen mit ähnlicher hoher mittlerer Bewertungszahl anführen.

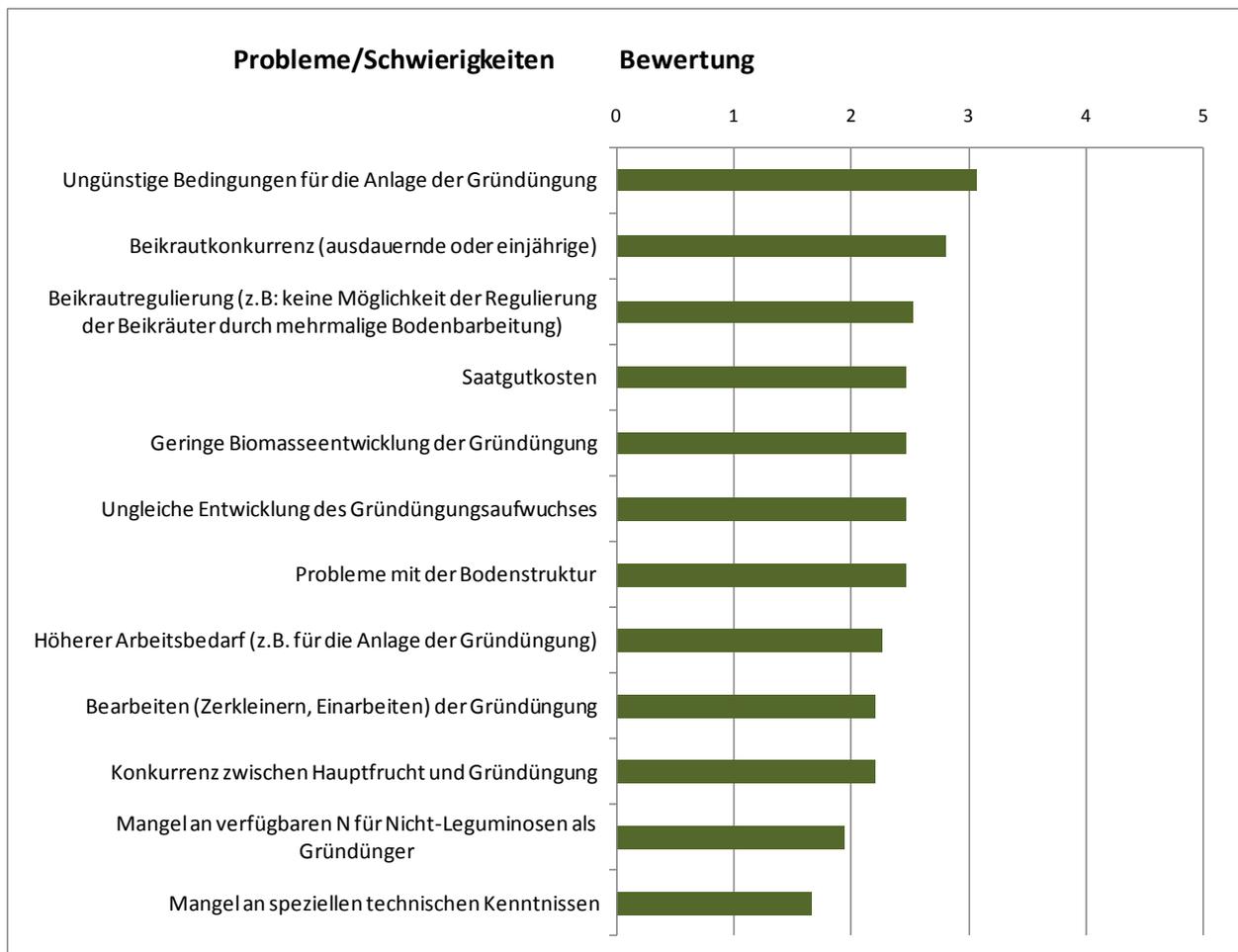


Abbildung 5: Bedeutung der Schwierigkeiten der befragten Betriebe (n=16) bei der Durchführung einer Gründüngung.

Insgesamt wurden im Gesamtprojekt 159 Bio-BäuerInnen aus 10 Ländern interviewt. Auch bei der Gesamtauswertung zählte die Verbesserung der Bodenqualität und der Bodenschutz zu den Hauptmotiven und das Beikrautauflaufen und die Ertragsstabilität wurden unter anderen als die größten Herausforderungen genannt (CASAGRANDE et al. 2014, PEIGNÉ et al. 2014).

2.3 On-Farm Streifenversuch

2.3.1 Einleitung und Ziele

Die Bearbeitung der WP's 1 und 2 und vor allem der WP's 3 und 4 erfolgte auf einem seit dem Jahr 2005 umgesetzten Streifenversuch auf einem biologischen bewirtschafteten Praxisbetrieb Nähe Hollabrunn in Niederösterreich. In diesem Versuch wird eine reduzierte Bodenbearbeitung mit einem Grubber (Nachbau nach dem System Wenz Eco-Dyn) mit einer herkömmlichen Pflugvariante verglichen. Der Versuch wurde mit den Grundbodenbearbeitungsmaßnahmen im Herbst 2004 auf Eigeninitiative des Landwirtes gestartet und ist in das Bildungsprojekt „Bionet“, ein Netzwerk an Transferbetrieben für den biologischen Ackerbau, eingebunden (Sortenversuch Ölsonnenblumen, Jahr 2007). Der Betrieb wirtschaftet seit dem Jahr 2001 biologisch.

Ziel mit den Untersuchungen im Streifenversuch war mit einem sehr praxisnahen Zugang Antworten auf folgende Fragen zu erhalten:

- Können mit der reduzierten Bodenbearbeitung die gleichen oder sogar höhere Erträge im Vergleich zur Bearbeitung mit dem Pflug erzielt werden?
- Kann mit der reduzierten Bodenbearbeitung die Bodenqualität verbessert werden?
- Wie entwickeln sich die Beikräuter in Abhängigkeit des Bodenbearbeitungssystems und kann mit der reduzierten Bearbeitung die Biodiversität der Beikräuter am Feld erhöht werden?
- In welchem Ausmaß kann mit der reduzierten Bodenbearbeitung der Energieverbrauch reduziert werden?
- Welche Schwierigkeiten treten bei der Anwendung der reduzierten Bodenbearbeitung auf (z.B. Beikrautregulierung, Stickstoffmineralisierung) und wie kann das System diesbezüglich verbessert werden?

2.3.2 Material und Methoden

Versuchsvarianten:

Im Versuch wird der Faktor Bodenbearbeitung in zwei Varianten untersucht:

Variante Grubber (GR): Die reduzierte Bodenbearbeitung erfolgt mit einem Grubber nach dem System Wenz Eco-Dyn. Die Bearbeitung ist nicht wendend und mit ca. 5 bis 7 cm sehr flach. Die Arbeitsbreite des Grubbers beträgt 2,70 Meter.

Variante Pflug (PL): Die Vergleichsvariante ist eine wendende Bodenbearbeitung bis ca. 25 cm Bodentiefe mit dem Pflug, welche vor dem Anbau jeder Hauptkultur angewandt wird. Der Pflug ist ein 4-schariger Anbaudrehpflug mit einer Arbeitsbreite von 1,40 Meter.

Die Varianten unterscheiden sich durch die Grundbodenbearbeitung und teilweise durch die danach notwendigen Bearbeitungsmaßnahmen für die Saatbettbereitung und die Saat. Die Fruchtfolge und die mechanische Beikrautregulierung im Bestand werden gleich gestaltet.

Das Wenz Eco-Dyn System ist ein Bodenbearbeitungsgerät für eine flache, nichtwendende Bodenbearbeitung und bietet die Möglichkeit der Mulch- und Direktsaat (<http://www.eco-dyn.com/>). Das System wurde in Deutschland in mehrjähriger Zusammenarbeit von Friedrich und Manfred Wenz sowie Ulrich Schreier mit dem Grundziel der Ermöglichung einer flachen, präzisen und bei Bedarf ganzflächigen Bearbeitung entwickelt. Das Gerät ist in Modulbauweise aufgebaut, bestehend aus einem Grundrahmen auf dem flexibel verschiedene weitere Komponenten befestigt werden können. Die Bearbeitung des Bodens wird je nach Anforderung mit unterschiedlich breiten Scharen und einem Mischblech durchgeführt. Für die Saat ist ein Säkasten auf den Grundrahmen aufgesetzt, die Ablage des Saatgutes erfolgt über Rohre unmittelbar hinter den Schäl-scharen.

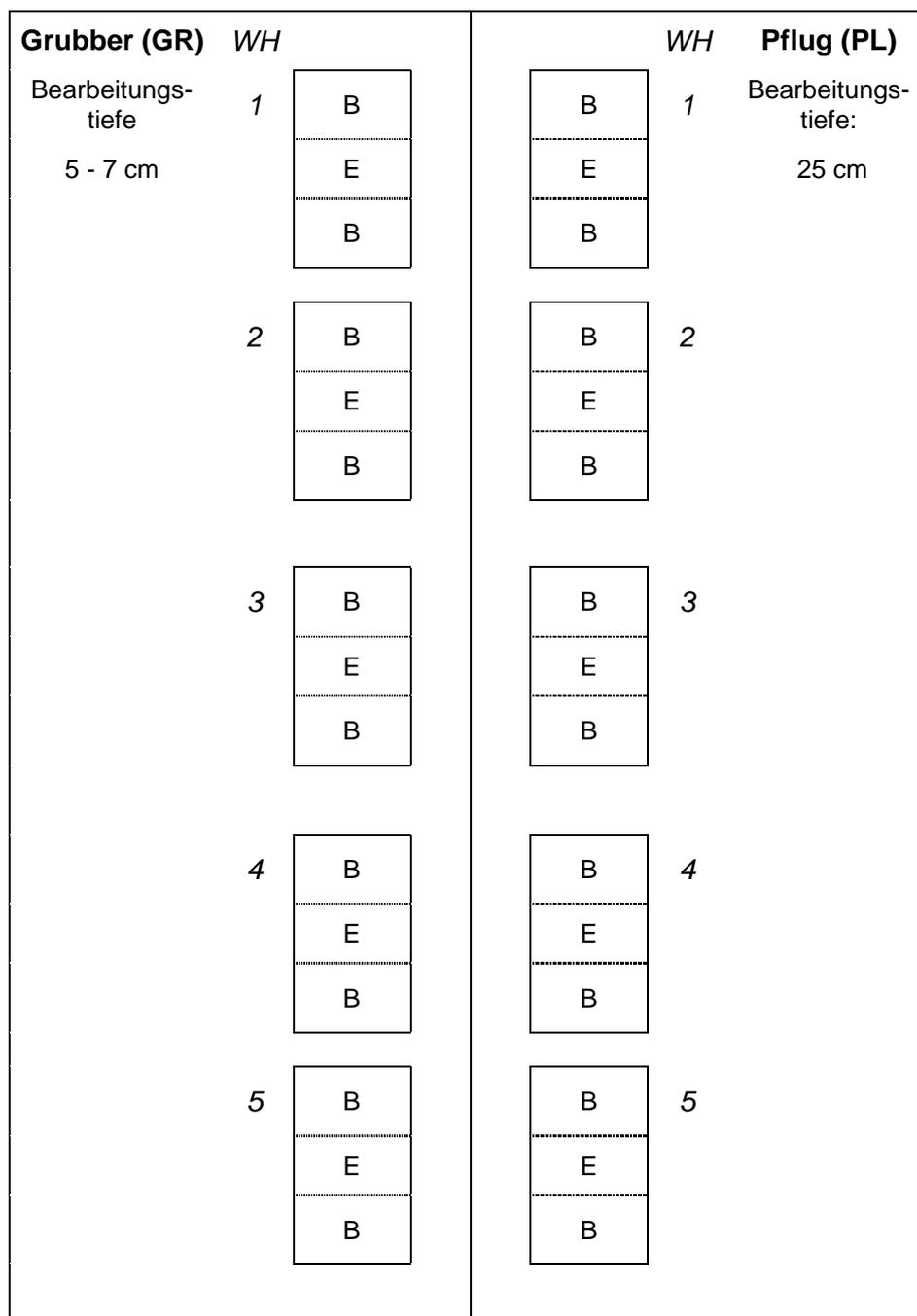
Im Versuch wird ein nach dem System Wenz Eco-Dyn vom Landwirt nachgebauter Grubber eingesetzt. Bei diesem Gerät sind die Originalbauteile Schar, Stiel und Halterung vom Wenz System auf einen anderen Grundrahmen montiert. Für die Saat wird ebenfalls ein eigener Säkasten und nicht der Originalbauteil verwendet.

Versuchsdesign:

Der Versuch ist eine Streifenanlage mit einem Streifen je Versuchsvariante (Grubber, Pflug). Die Flächengröße je Streifen (Versuchsvariante) beträgt ein Hektar. Für die Detailerhebungen und um eine statistische Auswertung zu ermöglichen, wurden in jedem Streifen fünf unechte (nicht randomisierte) Wiederholungen (Parzellen) mit einer Größe von je 170 m² (Breite 10 m, Länge: 17 m) ausgewiesen (Abbildung 6). Mit dem Ziel die Bodenunterschiede zwischen den Parzellen einer Wiederholung möglichst gering zu halten, erfolgte die Auswahl der Lage der Parzellen anhand von Bodenkarten, den Erfahrungen des Landwirtes und unter Berücksichtigung der Geländegestaltung des Schlages.

Jede Parzelle wurde in eine Erntefläche zur Feststellung des Ertrages der Hauptfrüchte und in einen Bereich für die Beikrautaufnahmen geteilt. Die Bohrstockeinstiche für die Bodenprobenahme wurden jeweils über die gesamte Parzelle verteilt, die Proben für die Bestimmung der Trockendichte wurden im Bereich der für die Beikrautaufnahmen ausgewiesenen Flächen gezogen.

Abbildung 6: Schematische Darstellung Design On-Farm Versuch



WH...Wiederholung, B...Fläche Beikrautaufnahmen, E...Fläche Ernteaufnahmen

Standorteigenschaften und Bewirtschaftungsmaßnahmen:

Das Versuchsfeld liegt in der Nähe der Ortschaft Windpassing in Niederösterreich auf 225 m Seehöhe. Das Hauptproduktionsgebiet ist das Nordöstliches Flach- und Hügelland. Die langjährige mittlere Jahresniederschlagsmenge ist 500 mm, die langjährige mittlere Temperatur beträgt 8,8 °C. Die mittleren Monatsniederschläge und die mittleren monatlichen Lufttemperaturen im Zeitraum Oktober 2011 bis September 2013 sind in der Abbildung 17 im Anhang dargestellt. Der Bodentyp ist ein Tschernosem auf Löss mit der Bodenart schluffiger Lehm (14 % Sand, 60 % Schluff, 26 % Ton) und einem pH-Wert (CaCl₂) von 7,5. Außer Gründünger mittels Luzernemulch und dem Anbau von

Zwischenfrüchten und Untersaaten wird kein organischer Dünger eingesetzt. Die Tabelle 3 zeigt die Fruchtfolge seit dem Erntejahr 2005.

Tabelle 3: Fruchtfolge des Versuchsfeldes

Jahr	Hauptfrucht	Zwischenfrucht (ZF) / Untersaat (US)
2005	Zuckerrüben	
2006	Sommergerste	ZF: Körnererbse, Sommerwicke, Phacelia
2007	Ölsonnenblumen	US: Weißklee
2008	Sommergerste	
2009	Luzerne	
2010	Luzerne	
2011	Luzerne	
2012	Winterweizen	ZF: Gelbsenf, Ölrettich, Buchweizen
2013	Zuckerrüben	

Eine tabellarische Übersicht über die Bewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante ist der Tabelle 4 zu entnehmen.

Im Jahr 2011 wurde der erste Luzerneschnitt geerntet und von der Fläche abgefahren. Der zweite Schnitt wurde für eine Samenernte genutzt, das Luzernestroh blieb am Feld. Der Luzernebestand wurde Mitte September 2011 in beiden Varianten mit dem Grubber nach Wenz Eco-Dyn umgebrochen. Einige Wochen danach erfolgte eine einmalige Bearbeitung mit einem Leichtgrubber. In der Pflugvariante wurde 25 cm tief gepflügt und danach der Boden mit einer Saatbettkombination für die Saat vorbereitet. Der Weizen wurde mit einer Drillsämaschine mit Schleppscharen gesät. Bei der reduzierten Variante wurde der Weizen direkt mit dem Eco-Dyn Grubber mit aufgesetzter Sämaschine (Zinkensämaschine) auf 6 cm Tiefe eingesät.

Die Winterweizensorte war Capo, der Saattermin war der 19. Oktober 2011, die Saatstärke betrug 180 kg/ha. Mitte April 2012 wurde der Weizenbestand einmal gestriegelt. Der Weizen wurde am 3. August 2012 geerntet, das Stroh verblieb am Feld.

Nach der Winterweizenernte wurde einmal gegrubbert und Ende August eine Zwischenfrucht bestehend aus Gelbsenf (2 kg/ha), Ölrettich (5 kg/ha) und Buchweizen (50 kg/ha) angesät. Der Zwischenfruchtbestand wuchs generell nur zögerlich und teilweise kam es bei beiden Bodenbearbeitungsvarianten zu einer sehr ungleichen Biomasseentwicklung am Feld. Ende Oktober 2012 wurde die Zwischenfrucht daher in der Pflugvariante direkt mit dem Pflug umgebrochen (25 cm Bodentiefe). Bei der Grubbervariante wurde der Bestand im Herbst gehäckselt und der Boden erst Mitte März 2013 sehr flach bei leichtem Bodenfrost und trockenen Bedingungen gegrubbert. Für den Zuckerrübenanbau erfolgte danach in dieser Variante keine weitere Bodenbearbeitung. Der gepflügte Boden wurde einmal im März und einmal kurz vor dem Anbau der Zuckerrübe mit einer Saatbettkombination bearbeitet. Die Zuckerrüben wurden am 23.04.2013 angesät. Der Abstand in der Reihe war 22 cm und zwischen den Reihen 50 cm (Bestandesdichte von 90.000 Pflanzen/ha). Die Beikrautregulierungsmaßnahmen waren in beiden Varianten mit einem dreimaligen maschinellen Hacken (beim dritten Hacken zusätzlich mit einer Fingerhacke für die Regulierung in den Reihen) und einem zweimaligen händischen Hacken gleich. Die Zuckerrübenernte erfolgte am 8. Oktober 2013.

Tabelle 4: Übersicht zu den Bewirtschaftungsmaßnahmen in den Jahren 2012 und 2013 im On-farm Streifenversuch mit den Bodenbearbeitungsvarianten Pflug (PL) und Grubber (GR)

Kultur	Pflug (PL)	Grubber (GR)
Winterweizen 2012	Grubber (1x), September 2011 Leichtgrubber (1x), Oktober 2011	
	Pflug (1x) Saatbettkombination (1x) Saat mit Drillsämaschine	Grubber mit aufgesetzter Zinkensämaschine (1x)
	Sorte Winterweizen: Capo Saatzeit: 19. Oktober 2011 Saatstärke: 180 kg/ha	
	Hackstriegel (1x), April 2012	
	Ernte mit Mähdrescher, August 2012	
Kultur	Pflug (PL)	Grubber (GR)
Zwischenfrucht 2012	Grubber (1x), August 2012 Saat mit Drillsämaschine, Ende August 2012 Gelbsenf (2 kg/ha), Ölrettich (5 kg/ha), Buchweizen (50 kg/ha)	
	Pflug (1x), Ende Oktober 2012	Mulchen (1x), Ende Oktober 2012
Kultur	Pflug (PL)	Grubber (GR)
Zuckerrüben 2013	Saatbettkombination (2x), März/April 2013	Grubber (1x), Mitte März 2013
	Saat Zuckerrüben mit mechanischer Einzelkornsämaschine Saatzeit: 23. April 2013 (Reihenkultur) Saatstärke: 90.000 Körner/ha (22 cm x 50 cm)	
	Maschinenhacke (3x), davon 1x mit Fingerhacke Händisches Hacken (2x)	
	Ernte mit gezogenem einreihigen Rübenvollernter, Oktober 2013	

Bodenkundliche und pflanzenbauliche Erhebungen:

Für die gemeinsame Auswertung der Versuche des TILMAN-ORG Projekts wurde ein Grunddatensatz von pflanzenbaulichen und bodenkundlichen Parametern festgelegt, die in den Jahren 2012 und 2013 zu erheben waren. Die Untersuchungen erfolgten nach einheitlichen in einem Projektmethodenhandbuch beschriebenen Erhebungs- und Analysemethoden.

Bodenparameter:

Die Entnahme der Bodenproben am 18.04.2012 erfolgte in folgenden drei Bodentiefen: 0 – 7 cm, 7 – 25 cm und 25 – 50 cm. Die Tiefen wurden nach Projektvorgabe (Besprechung Kick-off Meeting, Methodenhandbuch) auf die Bearbeitungstiefen der im Versuch geprüften Bodenbearbeitungsgeräte (Grubber: bis 7 cm, Pflug: bis 25 cm) und der vorgegebenen maximalen Beprobungstiefe von 50 cm abgestimmt.

Nach der Entnahme wurden die Proben für die Laboranalysen entsprechend vorbereitet und gelagert. Die Untersuchung der pH-Werte und der Bodentextur erfolgte an der AGES (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH). Die pH-Werte wurden dabei im Grunduntersuchungspaket der AGES zusammen mit den Gehalten an pflanzenverfügbaren Phosphor und Kalium bestimmt. Der gelöste organisch gebundene Kohlenstoff und die mikrobielle Biomasse (mikrobieller Kohlenstoff und mikrobieller Stickstoff) wurden vom BFW (Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft), die C_{org} - und N_{total} -Gehalte von einem TILMAN Projektpartner (CRP-GL, Luxemburg) analysiert.

Für die Bestimmung der Trockendichte des Bodens wurden vier Stechzylinderproben in jeder Bodentiefe (ca. in der Mitte der Bodenhorizonte) und Parzelle entnommen und im Trockenschrank bei 105° C bis zur Massenkonstanz getrocknet und anschliessend gewogen. Die Probenahme wurde an mehreren Tagen im Mai 2012 durchgeführt.

Die C_{org} -Vorräte wurden über den C_{org} -Gehalt in % und den Werten der Trockendichte in den einzelnen beprobten Bodenschichten berechnet.

Aufnahmen Beikraut- und Ertragsentwicklung:

In der Tabelle 5 sind die Erhebungstermine, die Parameter und die verwendete Methode für die Beikraut- und Ertragsaufnahmen aufgelistet.

Die Erhebung der Beikrautdichte erfolgte in Winterweizen mit einem 25 cm x 30 cm und in Zuckerrüben mit einem 50 cm x 50 cm grossen Zählrahmen. In Winterweizen wurden die Beikräuter an zehn Stellen je Parzelle, in Zuckerrüben an sechs Stellen je Parzelle auf Niveau der Arten bzw. teilweise der Artenkategorien gezählt.

Die Beikrautdeckung wurde in Winterweizen, in der Zwischenfrucht und den Zuckerrüben mit Hilfe eines Rahmens (100 cm x 100 cm) an mehreren Stellen je Parzelle auf Niveau der Arten bzw. teilweise der Artenkategorien und zusätzlich die Gesamtbeikrautdeckung visuell geschätzt. An gleicher Stelle wurde die gesamte Beikrautbiomasse geerntet (2 x 1 m² je Parzelle) und ihr Trockenmassegewicht bestimmt. In der reduzierten Bodenbearbeitungsvariante mit dem Grubber (GR) trat bei Winterweizen starker Luzernedurchwuchs auf, in der Pflugvariante (PL) war der Durchwuchs der Lu-

zernerfrucht hingegen sehr gering. Bei beiden Varianten wurde daher zusätzlich zur Beikrautbiomasse das Trockengewicht der Luzernebiomasse in den Quadratmetern bestimmt.

Für die Bestimmung des Weizenertrages (Korn- und Gesamtpflanzenenertrag) wurden 3 x 2 m² je Parzelle händisch geerntet und mit einem Parzellenmähdrescher im Standdrusch gedroschen. Korn und Stroh wurden getrocknet und getrennt gewogen. Zusätzlich wurde ein Streifen je Bodenbearbeitungsvariante im Bereich der Parzellen im Ausmaß von 1395 m² mit dem Praxismähdrescher geerntet und das Korngewicht festgestellt.

Die Bestimmung der Bestandesdichte der Zuckerrüben wurde ca. 6 Wochen nach der Aussaat durch Zählung der aufgegangenen Pflanzen in 6 x 3 m Reihenabschnitten je Parzelle durchgeführt. Zuckerrüben von jeweils 4 x 3 m Reihenabschnitten je Parzelle wurden händisch geerntet, die Rüben von den Köpfen mit den Blättern getrennt und die jeweiligen Erträge (Rüben- und Blattertrag) festgestellt.

Tabelle 5: Übersicht über die Erhebungen zur Beikraut- und Ertragsentwicklung im On-Farm Versuch

Kultur	Termin	Parameter	Methode
Winterweizen	3.4./4.4.2012	Beikrautdichte	Rahmen 25 x 30 cm, 10 Stellen je Parzelle
	26.6./28.6.2012	Beikrautdeckung Beikrautbiomasse	Rahmen 100 x 100 cm, 2 m ² je Parzelle
	1.8./2.8.2012	Kornertrag Strohertrag	Rahmen 100 x 100 cm, 6 m ² je Parzelle
Zwischenfrucht	19./20.10.2012	Beikrautdeckung Beikrautbiomasse Ertrag Zwischenfrucht	Rahmen 100 x 100 cm, 2 m ² je Parzelle
Zuckerrüben	8.5.2013	Beikrautdichte	Rahmen 50 x 50 cm, 6 Stellen je Parzelle
	16.9.2013	Beikrautdeckung	Rahmen 100 x 100 cm, 4 m ² je Parzelle
	8.10.2013	Rübenertrag Kopf- u. Blattertrag	4 x 3 m Reihenabschnitte = 6 m ² je Parzelle

Stickstoffgehalte und Qualitätsparameter:

Für die Bestimmung der Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte der Pflanzen wurden anteilige Proben des Erntegutes bei 60 °C getrocknet und fein vermahlen. Die CN-Analyse in diesen Proben wurde am Institut für Tierernährung und Futtermittel der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES) mittels trockener Verbrennung durchgeführt. Die N-Gehalte in Winterweizen dienten auch zur Berechnung der Rohproteingehalte im Weizenkorn.

Der N-Gehalt in Zuckerrüben, das Gewicht der reinen Rübe, der Zuckergehalt und weitere Qualitätsparameter wurden von der Prüfstelle „Zuckerforschung Tulln“ in der Außenstelle Leopoldsdorf nach akkreditierten Normen durchgeführt.

Datenauswertung:

Die Messergebnisse der Versuchsvarianten wurden mit dem t-Test ($P \leq 0,05$) auf signifikante Unterschiede geprüft und in Tabellen und Abbildungen dargestellt. Die Normalverteilung und Varianzhomogenität der Daten wurde geprüft. Der Mann-Whitney U-test ($P \leq 0.05$) kam zur Anwendung, wenn eine Normalverteilung der Daten nicht gegeben war. Die Berechnungen erfolgten mit der Statistiksoftware SPSS 18.0 und IBM SPSS Statistics 21.

Da keine zufällige Anordnung (Randomisation) der Wiederholungen der Varianten im Versuch möglich war, sind die Ergebnisse der statistischen Auswertung daher mit Vorsicht zu interpretieren.

Um Unterschiede in der Artenzusammensetzung der Beikräuter zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten zu erkennen, wurde eine Nichtmetrische Multidimensionale Skalierung (NMDS) auf Basis der Ähnlichkeiten der Artenzusammensetzung (Jaccard Index) durchgeführt. Der Jaccard Index als ein binärer Index (d.h. basierend auf der Anwesenheit/Abwesenheit einer Art) wurde gewählt, da die Art der Aufnahmen zwischen den Erhebungsterminen nicht gleich war (Individuen/m² bzw. Bodendeckung in %). Die NMDS wurde auf zwei Dimensionen beschränkt. Die Analysen erfolgten mit dem Programm Primer 6.1.12 (PRIMER-E Ltd.).

Die Artendiversität der Beikrautgesellschaften in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung wurde mit der Berechnung von verschiedenen Diversitätsindizes geprüft (SMITH & SMITH, 2009):

Der Shannon-Index (H_S) berücksichtigt neben der Anzahl der Arten auch die relative Häufigkeiten (=Dominanz) der Arten. Der Wert des Shannon-Index steigt daher mit zunehmender Artenzahl und zunehmender Gleichverteilung der relativen Individuenzahl.

$$H_S = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

H_S = Artendiversität, S = Gesamtzahl der Arten, p_i = relative Anteil der Art i an der Gesamtindividuenzahl

Die Evenness (E_S) gibt das Verhältnis der mit dem Shannon-Diversitätsindex ermittelten Diversität zu der bei vorgegebener Artenzahl maximal möglichen Diversität an. Der Quotient liegt zwischen 0 (keine Diversität) und 1 (vollkommene Gleichverteilung der Arten).

$$E_S = \frac{H_S}{H_{max}} = \frac{H_S}{\ln S}$$

Der niedrigste mögliche Wert des Reziproken Simpson Index ist 1, und repräsentiert eine nur aus einer Art bestehenden Lebensgemeinschaft. Der Wert steigt mit zunehmender Diversität und hat mit der Zahl der Arten einer Lebensgemeinschaft sein Maximum.

$$\text{Reziproker Simpson Index} = 1 / \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i - 1)}{n(n - 1)}$$

n_i = die Zahl der Individuen einer Art i , n = die Gesamtzahl der Individuen.

Ökologische und ökonomische Bewertung:

Für die ökologische und ökonomische Bewertung der Bodenbearbeitungsvarianten wurden folgende Parameter jeweils für die Hauptkulturen Winterweizen (Jahr 2012) und Zuckerrüben (Jahr 2013) berechnet:

- Energieeinsatz pro Flächeneinheit, berechnet über den Dieserverbrauch
- Treibhausgasemissionen (CO₂/ha)
- Maschinenselbstkosten (€/ha)
- Arbeitszeit (h/ha; €/ha)

Der Zwischenfruchtanbau im Herbst 2012 wurde den Zuckerrüben zugeordnet. Zusätzlich wurden beide Hauptkulturen gemeinsam ausgewertet und die Ergebnisse dargestellt. Die Bewertung beinhaltet alle Maßnahmen zur Bodenbearbeitung, Aussaat, Pflege und Ernte der Kulturen am Feld. Der Abtransport des jeweiligen Erntegutes wurde nicht berücksichtigt.

Die Primärdaten wurden direkt vom Betriebsleiter mit Hilfe einer Datenerhebungsmatrix erhoben. Detaillierte Informationen zur Art und Stärke der eingesetzten Maschinen, Länge der Wegstrecke zum Feld und der Arbeitskraftstunden jedes einzelnen Bearbeitungsschrittes am Feld und für die Rüst- und die Wegzeiten wurden ermittelt. Zudem gab uns der Betriebsleiter Auskunft über die Kosten des Saatgutes und der Preise die beim Verkauf der Ernten erzielt wurden. Die Erträge stammen von den eigenen Erhebungen auf Parzellenebene.

Die Grundlage für die Berechnung des Energieeinsatzes pro Hektar bilden der Kraftstoffverbrauch (Dieselverbrauch) des jeweiligen Bearbeitungsschrittes am Feld bzw. der Hin- und Rückfahrten. Zur Ermittlung des Kraftstoffverbrauches wurde vorwiegend die umfangreiche online Datensammlung des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) herangezogen. Außerdem wurden die Werte mit den Kraftstoffverbräuchen des Österreichischen Kuratoriums für Landtechnik und Landentwicklung (ÖKL) verglichen, sodass Datenlücken geschlossen wurden. Die Ermittlung der Maschinenselbstkosten basiert aufgrund des Österreich Bezuges ausschließlich auf der Verwendung der Pauschalrichtwerte des ÖKL (2014). In wenigen Fällen wurden Werte mit Hilfe des ÖKL-Onlinetools abgesichert (<http://oekl.at/richtwerte-online/>).

Für die Umrechnung des Kraftstoffeinsatzes in Energie (MJ) und Treibhausgasemissionen (kg CO₂) wurden Standardenegieeinheiten und Konversionsfaktoren des MIT (2014) und des IPCC (2014) verwendet. Eine Abschätzung der Kosten für Lohnansatz und Lohnarbeit basiert auf Kollektivverträgen von Landarbeitern in Österreich, bisherigen Erfahrungen aus anderen Projekten und Standardannahmen in der Landwirtschaft (BMLFUW 2012).

2.3.3 Ergebnisse

Bodenparameter:

Die durchgeführte Analyse der Bodentextur der Versuchsfläche, d.h. im Bereich aller eingerichteten Parzellen, zeigte ähnliche Anteile an Sand, Schluff und Ton über alle Beprobungstiefen. Nach den Anteilen der einzelnen Korngrößen liegt die Bodenart schluffiger Lehm vor, der Boden kann als „schwer“ eingestuft werden (Tabelle 6). Die pH-Werte waren bei beiden Varianten (Grubber, Pflug) und in allen Bodentiefen auf gleichem Niveau und lagen im alkalischen Bereich.

Tabelle 6: Bodentextur und pH-Wert der Versuchsfläche (18.4.2012)

Bodentiefe in cm	Sand in %	Schluff in %	Ton in %	pH-Wert (CaCl ₂)	
				Pflug (PL)	Grubber(GR)
0 - 7	12,3	60,8	27,0	7,5	7,5
7 - 25	14,8	59,4	25,8	7,5	7,5
25 - 50	9,3	62,9	27,8	7,6	7,7

Die Gehalte an pflanzenverfügbaren Phosphor und Kalium bis 25 cm Bodentiefe am Versuchsstandort können bei beiden Varianten als ausreichend eingestuft werden (nach den Gehaltsstufen der Richtlinien für eine sachgerechte Düngung, BMLFUW 2006). Bei der sehr flachen Bearbeitung mit dem Grubber kam es zu einer Anreicherung der Nährstoffe in der obersten bearbeiteten Bodenschicht, während die Nährstoffgehalte beim Pflug aufgrund der tiefergehenden Bodenbearbeitung in den beiden obersten Bodenschichten fast gleich waren (siehe Abbildung 18 im Anhang).

Mit der Trockendichte wird die Feststoffmasse des ungestörten Bodens bezogen auf ein bestimmtes Volumen angegeben. Bei der Bearbeitung mit dem Grubber war der Boden im Vergleich zur Bearbeitung mit dem Pflug in den zwei obersten Bodenschichten dichter gelagert. Mit dem Grubber wird sehr flach bis 7 cm Bodentiefe gearbeitet, die darunter liegende Bodenschicht von 7 bis 25 cm bleibt unbearbeitet und wies mit 1,51 g/cm³ Trockendichte den höchsten Wert auf. Bei der Pflugvariante stieg die Trockendichte unterhalb des Pflughorizonts von 25 cm stark an und erreichte einen höheren Wert als die Grubbersvariante (Abbildung 7).

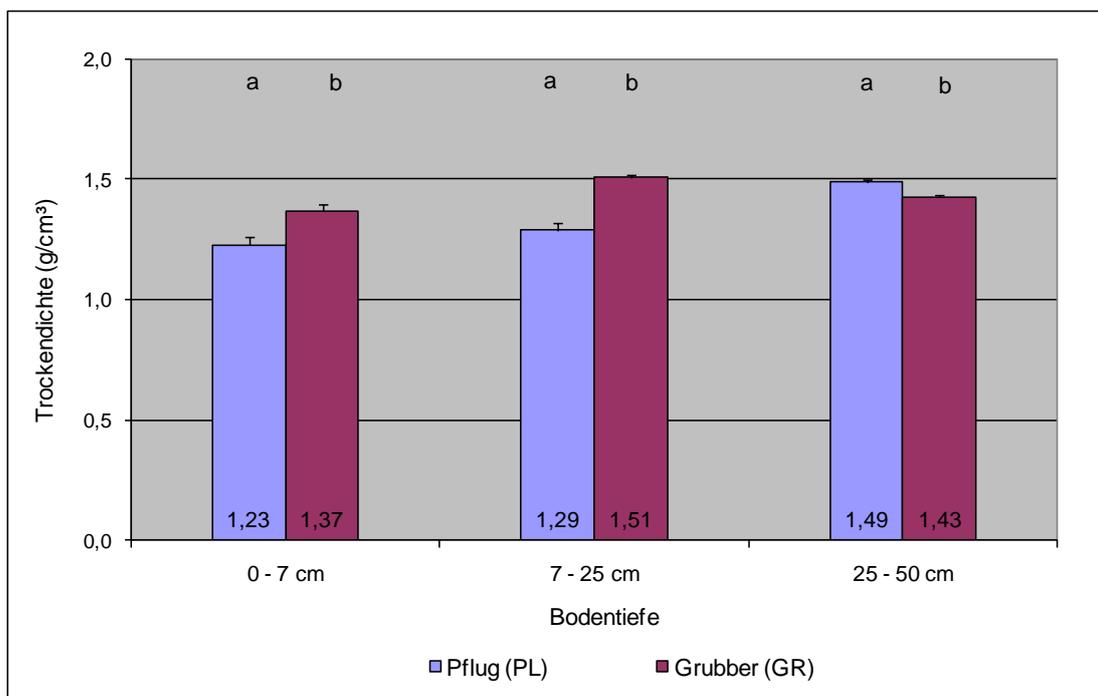


Abbildung 7: Trockendichte in g/cm³ in drei Bodentiefen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.

Standardfehler des Mittelwertes in Balken. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test, U-Test, $P \leq 0,05$)

Auch die Gehalte an Gesamtstickstoff und des organischen Kohlenstoffs lagen bei der Grubberbearbeitung in den ersten 7 cm Boden deutlich über der Pflugbearbeitung. Beim Gesamtstickstoff gab es in den weiteren Bodenschichten keine Variantenunterschiede, während bei den C_{org} -Gehalten die Pflugvariante signifikant höhere Werte aufwies (Tabelle 7).

Tabelle 7: Gesamtstickstoffgehalte (in %) und Gehalte an organischen Kohlenstoff (in %) in drei Bodentiefen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (18.4.2012).

Bodentiefe in cm	N_{total} (%)		C_{org} (%)	
	Pflug (PL)	Grubber (GR)	Pflug (PL)	Grubber (GR)
0 - 7	0,15 (0,00) a	0,24 (0,01) b	1,63 (0,05) a	2,20 (0,04) b
7 - 25	0,16 (0,00) a	0,17 (0,01) a	1,77 (0,03) a	1,42 (0,04) b
25 - 50	0,10 (0,01) a	0,10 (0,01) a	1,00 (0,10) a	0,69 (0,09) b

Standardfehler des Mittelwertes in Klammern. Mittelwerte einer Zeile mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test, U-Test, $P \leq 0,05$)

Mit den C_{org} -Gehalten wurden über die Trockendichte und das Bodenvolumen die C_{org} -Vorräte in den einzelnen Bodenschichten in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante berechnet (Abbildung 8). In der Bodenschicht von 0 bis 7 cm waren die C_{org} -Vorräte in der Grubbervariante im Vergleich zum Pflug um 50 % höher (21 t/ha zu 14 t/ha). In der mittleren Bodenschicht (7 bis 25 cm) lagen die Vorräte in beiden Varianten auf gleichem Niveau, während in der unteren Bodenschicht (25 bis 50 cm) die Pflugvariante deutlich mehr organischen Kohlenstoff gespeichert hatte. Betrachtet man die C_{org} -Vorräte im gesamten Pflughorizont (0 bis 25 cm) bzw. in der gesamten Bodenschicht bis 50 cm Tiefe waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten festzustellen.

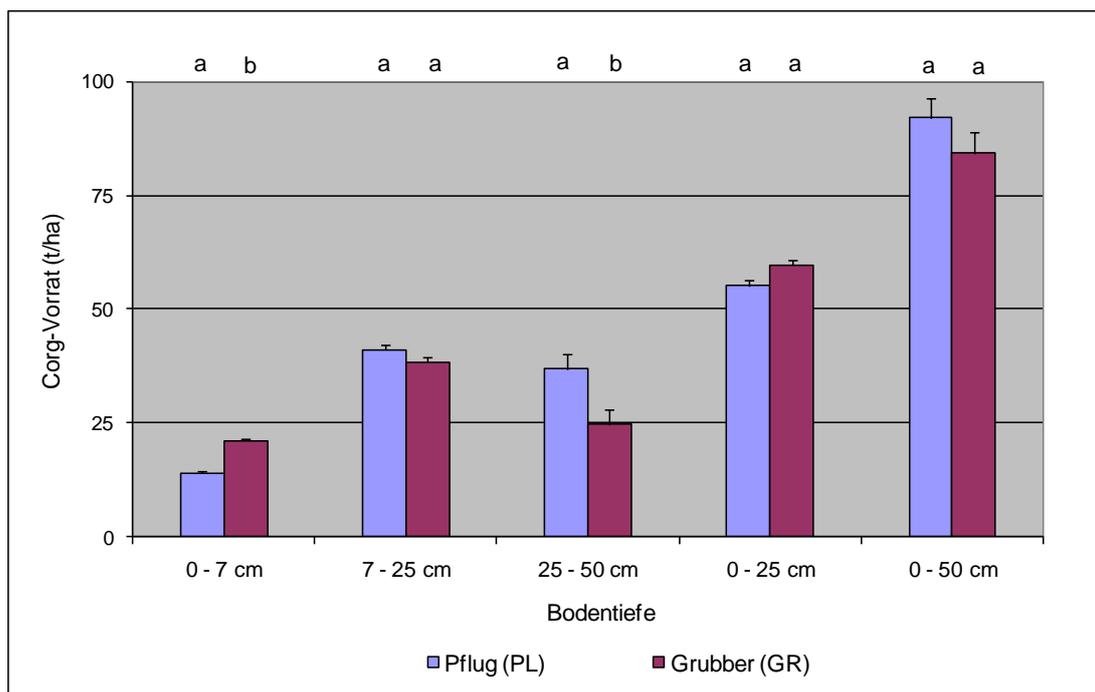


Abbildung 8: Vorrat an organischen Kohlenstoff (C_{org}) in t/ha in verschiedenen Bodentiefen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (18.4.2012).

Standardfehler des Mittelwertes in Balken. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test, U-Test, $P \leq 0,05$)

Die Ergebnisse der mikrobiellen Biomasse zeigten ein ähnliches Bild. Die Werte an mikrobiellem Kohlenstoff (C_{mic}) und Stickstoff (N_{mic}) waren bei der Grubbervariante in der obersten Bodenschicht mehr als doppelt so hoch als wie bei der Pflugvariante. In den weiteren Bodenschichten waren hingegen die Werte bei der Pflugvariante höher, die Unterschiede waren jedoch nur bei den C_{mic} -Werten statistisch gesichert. Beim gelösten organisch gebundenen Kohlenstoff (DOC) traten keine Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten auf (Abbildung 9).

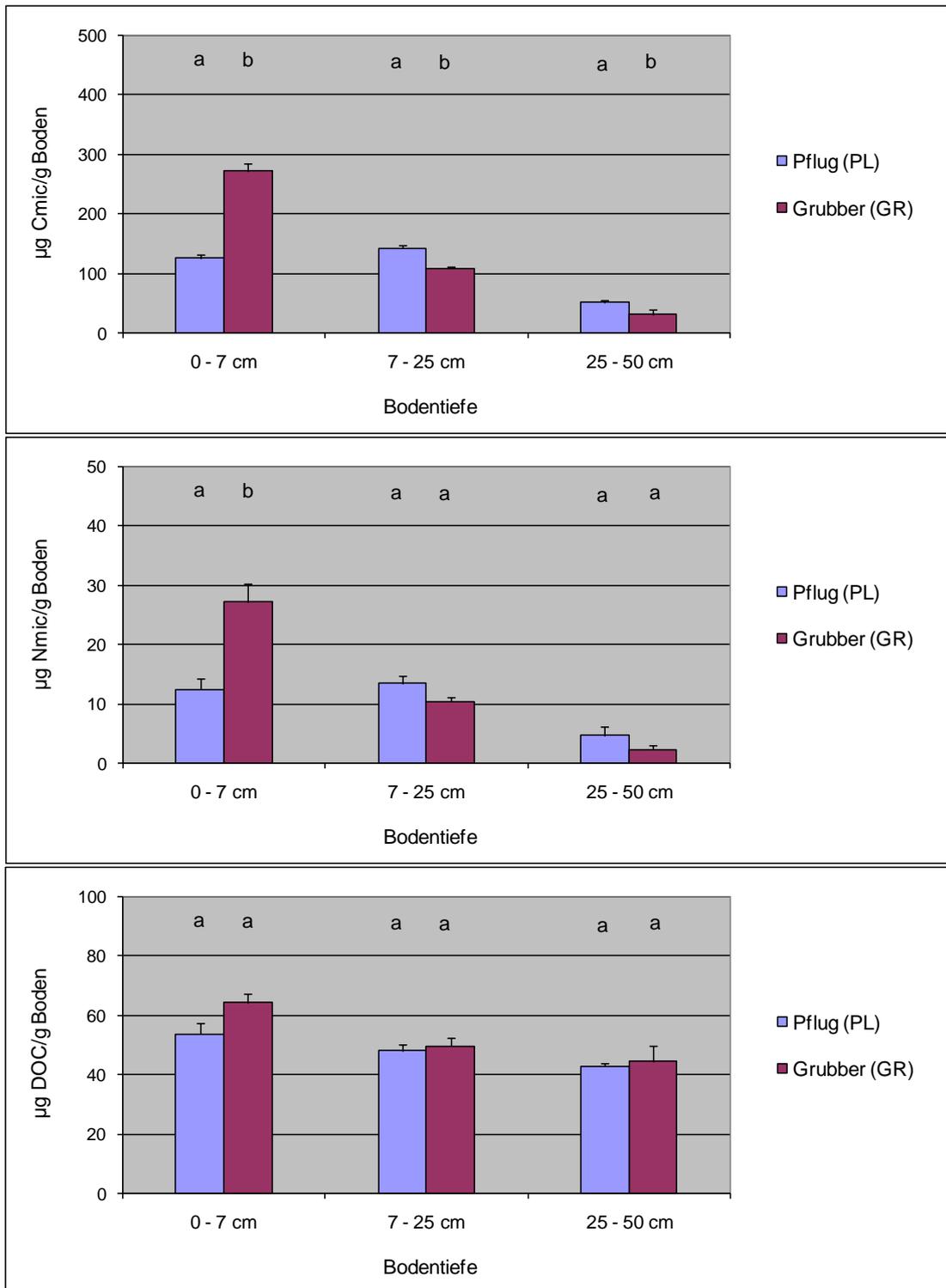


Abbildung 9: Mikrobieller Kohlenstoff (C_{mic}) und Stickstoff (N_{mic}) sowie gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC) in unterschiedlichen Bodentiefen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (18.4.2014).

Standardfehler des Mittelwertes in Balken. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test, U-Test, P ≤ 0,05)

Winterweizen – Beikrautentwicklung:

Im Frühjahr 2012 in der Bestockungsphase des Winterweizens war die Beikrautdichte bei der Pflugvariante (PL) signifikant höher als bei der reduzierten Bearbeitung mit dem Grubber (GR) (Tabelle 7). Im Mittel wurden unter dem Pflug fast doppelt so viele Pflanzen im Vergleich zum Grubbereinsatz gezählt (140,0 gegenüber 72,5 Pflanzen/m²). Die Erhebung der Deckung und Biomasse der Beikräuter wurde einige Wochen vor der Winterweizenernte durchgeführt. Aufgrund der langandauernden Trockenperiode im Frühjahr war das Beikrautauflkommen (ohne Luzernebiomasse) zu diesem Zeitpunkt sehr gering und in beiden Bearbeitungsvarianten annähernd gleich (Tabelle 8).

Große Unterschiede zwischen den Varianten gab es bei der Effizienz des Umbruchs der Winterweizenvorfrucht Luzerne. Beim Umbruch nur mit dem Grubber (Variante GR) konnten viele Luzernepflanzen im Winterweizenbestand wieder anwachsen. Vor der Ernte des Winterweizens wurde in der Variante GR eine Luzernebiomasse von 37,0 g/m² mit einer Bodendeckung von 10,7 % festgestellt, während bei der Variante PL die Menge der Luzernebiomasse bei 1,1 g/m² mit einer Bodendeckung von 0,2 % lag. Werden Beikraut- und Luzernebiomasse addiert, ergibt sich bei der Grubbervariante mit 49,6 g/m² eine signifikant höhere Aufwuchsmenge im Vergleich zur Pflugvariante mit 10,5 g/m² (Tabelle 7).

Tabelle 8: Beikrautdichte (Pflanzen/m²), Beikrautdeckung (%) und -biomasse (g/m²) in Winterweizen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.

Parameter	Pflug (PL)	Grubber (GR)
Beikrautdichte gesamt, (3.4./4.4.2012)	140,0 (11,9) a	72,5 (17,2) b
Beikrautdeckung gesamt, (26.6./28.6.2012)	4,4 (0,4) a	5,2 (0,8) a
Beikrautbiomasse, gesamt (26.6./28.6.2012)	9,4 (2,0) a	12,7 (1,6) a
Beikraut- und Luzernebiomasse, (26.6./28.6.2012)	10,5 (1,6) a	49,6 (5,2) b

Standardfehler des Mittelwertes in Klammern. Mittelwerte einer Zeile mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test, $P \leq 0,05$)

Zum ersten Boniturtermin im Frühjahr 2012 wurden in beiden Bodenbearbeitungsvarianten 9 Beikrautarten gefunden. Während in der Pflugvariante fast ausschließlich einjährige Arten vorkamen (99,2 %), wurden bei der Grubbervariante auch 19,8 % ausdauernde Arten (Löwenzahn, Acker-Kratzdistel) festgestellt (Tabelle 9). In beiden Varianten traten nur zweikeimblättrige Arten und keine Gräser auf. Die häufigsten Arten beim Pflug (PL) waren Winden-Knöterich (56,8 % Anteil an der gesamten Beikrautdichte), Stängelumfassende Taubnessel (21,0 %) und Kleb-Labkraut (7,2 %) und beim Grubber (GR) Stängelumfassende Taubnessel (29,2 %), verschiedene Ehrenpreisarten (19,7 %), Löwenzahn (15,4 %) und Vogelmiere (12,8 %).

Tabelle 9: Anteil der Beikrautkategorien (Anteil in % an der gesamten Beikrautdichte), Gesamtbeikrautdichte (Pflanzen/m²) und Anzahl der Beikrautarten in Winterweizen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (3.4./4.4.2012)

Beikrautkategorie	Pflug (PL)	Grubber (GR)
Einjährige	99,2 (0,6) a	80,2 (8,1) b
Ausdauernde	0,8 (0,6) a	19,8 (8,1) b
Zweikeimblättrige	100,0	100,0
Gräser	0,0	0,0
Beikrautdichte (gesamt)	140,0	72,5
Artenzahl Beikräuter (gesamt)	9	9

Standardfehler des Mittelwertes in Klammern. Mittelwerte einer Zeile mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (U-Test, $P \leq 0,05$)

Ende Juni 2012 wurden im Winterweizen 9 Beikrautarten in der Pflugvariante (PL), davon 7 einjährige Arten und mit Acker-Kratzdistel und Luzerne zwei ausdauernde Art identifiziert (Tabelle 10). Die häufigsten Arten mit der größten Bodendeckung waren Winden-Knöterich (2,1 % Bodendeckung) und Weißer Gänsefuß (2,1 %). Bei der reduzierten Variante mit dem Grubber (GR) kamen 14 Arten vor, davon 11 einjährige Arten und 3 ausdauernde Arten (Löwenzahn, Acker-Kratzdistel, Luzerne). 12 Arten waren zweikeimblättrige Beikräuter und 2 Gräser. Die häufigsten Arten mit der größten Bodendeckung in dieser Variante waren Winden-Knöterich (2,5 % Bodendeckung) und Löwenzahn (1,6 %). Die absolute höchste Bodendeckung bei der reduzierten Variante zeigte Luzerne mit 10,7 %. Der Weiße Gänsefuß kam bei der reduzierten Bearbeitung nur auf 0,7 % Bodendeckung.

Tabelle 10: Gesamtartenzahl der Beikräuter und Artenzahlen nach Beikrautkategorien in Winterweizen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (26.6./28.6.2012)

Beikrautkategorie	Pflug (PL)	Grubber (GR)
Einjährige	7	11
Ausdauernde	2	3
Zweikeimblättrige	9	12
Gräser	0	2
Artenzahl Beikräuter (gesamt)	9	14

Zwischenfrucht – Entwicklung Biomasse und Beikräuter:

Die Zwischenfruchtmischung, bestehend aus Gelbsenf, Ölrettich und Buchweizen, entwickelte sich in beiden Bearbeitungsvarianten weitgehend gleich. Das Trockenmasse-gewicht des oberirdischen Aufwuchses der Zwischenfrucht betrug in der Pflugvariante 17,7 g/m² und in der Grubbervariante 15,0 g/m². Mit umgerechnet 150 bis 180 kg Trockengewicht an Zwischenfruchtbiomasse je Hektar war der Ertrag als sehr gering einzustufen. Wie beim Gewicht der Zwischenfruchtbiomasse gab es auch bei der Beikrautdeckung und Beikrautbiomasse keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten (Abbildung 10).

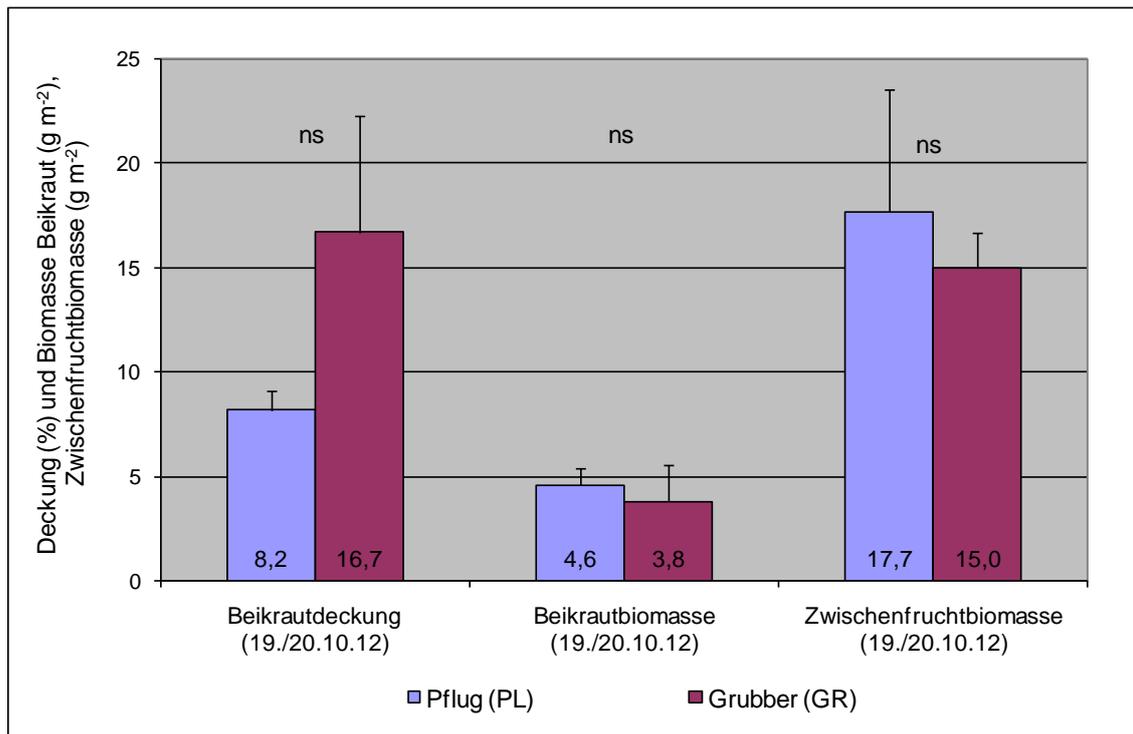


Abbildung 10: Beikrautdeckung (%) und -biomasse (g/m²) sowie Zwischenfruchtbiomasse (g/m²) in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.

Standardfehler des Mittelwertes in Balken. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test, $P \leq 0,05$)

Auch bei der Gesamtartenzahl der Beikräuter und der Verteilung auf die Beikrautkategorien waren die Varianten fast ident (Tabelle 11). Die ausdauernde Arten bei der Pflugvariante waren Acker-Kratzdistel und Luzerne und bei der Grubbervariante Löwenzahn, alle drei Arten jedoch mit einer Bodendeckung von im Mittel deutlich unter 1 %. Die Grasart war in beiden Varianten ausgefallener Winterweizen mit knapp unter 1 % Bodendeckung. Etwas größere Unterschiede wurden bei den Hauptbeikrautarten festgestellt. Bei der Pflugvariante dominierte die Stängelumfassende Taubnessel (2,2 % Bodendeckung), Weißer Gänsefuß und Bastardgänsefuß (zusammen 2,1 %) und die Besenrauke (1,8 %). Die Besenrauke (6,4 %), verschiedene Ehrenpreisarten (4,2 %) und die Stängelumfassende Taubnessel (2,7 %) waren bei der Grubbervariante die Arten mit der höchsten Bodendeckung.

Tabelle 11: Gesamtartenzahl der Beikräuter und Artenzahlen nach Beikrautkategorien in der Zwischenfrucht in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (19./20.10.2012)

Beikrautkategorie	Pflug (PL)	Grubber (GR)
Einjährige	10	11
Ausdauernde	2	1
Zweikeimblättrige	11	11
Gräser	1	1
Artenzahl Beikräuter (gesamt)	12	12

Zuckerrüben – Beikrautentwicklung:

Die Erhebung der Beikrautdichte in den Zuckerrüben wurde Anfang Mai vor der ersten Beikrautregulierungsmaßnahme durchgeführt. Bei der Pflugvariante wurden im Mittel 99,2 bei der Grubbervariante 54,0 Beikrautpflanzen/m² gezählt. Der Unterschied zwischen den Varianten ist signifikant (Tabelle 12). Die Auszählung des Aufganges der Zuckerrüben ergab einen um ca. 9500 Pflanzen/ha dichteren Bestand beim Pflugeinsatz im Vergleich zur reduzierten Bearbeitung. Der Unterschied zwischen den Varianten ist jedoch statistisch nicht gesichert (Tabelle 12).

Tabelle 12: Beikrautdichte in Zuckerrüben (Pflanzen/m²) und Bestandesdichte Zuckerrüben (Pflanzen/ha) in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.

Parameter	Pflug (PL)	Grubber (GR)
Beikrautdichte (gesamt) (08.05.2013)	99,2 (10,8) a	54,0 (7,2) b
Bestandesdichte Zuckerrübe (14.06.2013)	67556 (3607) a	58000 (2615) a

Standardfehler des Mittelwertes in Klammern. Mittelwerte einer Zeile mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test, $P \leq 0,05$)

Bei der Grubbervariante war die Beikrautdiversität im Vergleich zur Pflugvariante um drei Arten höher (Tabelle 13). In beiden Varianten traten nur zweikeimblättrige Arten und keine Gräser auf. Der Anteil der ausdauernden Wurzelunkräuter lag bei der reduzierten Bearbeitung bei 13,0 % (vor allem Löwenzahn und noch Luzerne von der Vorfrucht 2011, in geringem Ausmaß Acker-Kratzdistel), beim Pflug wurde nur ein Anteil von 2,5 % an ausdauernde Arten (Luzerne, Acker-Kratzdistel) festgestellt.

Die drei dominanten einjährigen Arten bei der Pflugvariante waren Stängelumfassende Taubnessel (22,4 % Anteil an der gesamten Beikrautdichte), Weißer Gänsefuß (20,3 %) und Bastard-Gänsefuß (19,9 %). Bei der Grubbervariante hatten die Stängelumfassende Taubnessel (32,0 %), verschiedene Ehrenpreisarten (15,1 %) und der Weiße Gänsefuß (10,0 %) den höchsten Anteil an der Beikrautdichte.

Tabelle 13: Anteil der Beikrautkategorien (Anteil in % an der gesamten Beikrautdichte), Gesamtbeikrautdichte (Pflanzen/m²) und Anzahl der Beikrautarten in Zuckerrüben in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (08.05.2013).

Beikrautkategorie	Pflug (PL)	Grubber (GR)
Einjährige	97,5 (1,1) a	87,0 (3,2) b
Ausdauernde	2,5 (1,1) a	13,0 (3,2) b
Zweikeimblättrige	100,0	100,0
Gräser	0,0	0,0
Beikrautdichte (gesamt)	99,2	54,0
Artenzahl Beikräuter (gesamt)	13	16

Standardfehler des Mittelwertes in Klammern. Mittelwerte einer Zeile mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (U-Test, $P \leq 0,05$)

Die Beikrautregulierungsmaßnahmen bei der Zuckerrübe waren mit mehrmaliger mechanischer Hacke zwischen und in den Reihen und händischer Hacke in den Reihen sehr effektiv. Die Gesamtbeikrautdeckung bei der Aufnahme am 16. September 2013 war daher in beiden Bodenbearbeitungsvarianten mit jeweils weniger als 0,5 % sehr gering. Die Beikrautbiomasse wurde aufgrund des geringen Beikrautaufkommens mit wenigen und nur sehr kleinen Pflanzen nicht erhoben.

Bei der Pflugvariante wurden zu diesem Termin 8 und bei der Grubbervariante 11 Beikrautarten identifiziert (Tabelle 14). Vogelmiere, Stängelumfassende Taubnessel und verschiedene Ehrenpreis- und Gänsefußarten waren die hauptsächlichen Beikrautarten in beiden Varianten.

Tabelle 14: Gesamtartenzahl der Beikräuter und Artenzahlen nach Beikrautkategorien in der Zuckerrübe in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (16.09.2013)

Beikrautkategorie	Pflug (PL)	Grubber (GR)
Einjährige	6	8
Ausdauernde	2	3
Zweikeimblättrige	8	11
Gräser	0	0
Artenzahl Beikräuter (gesamt)	8	11

Diversität der Beikrautgesellschaften:

Die Identifikation von Unterschieden in der Artenzusammensetzung der Beikräuter zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten wurde mit einer Nichtmetrische Multidimensionale Skalierung (NMDS) auf Basis der Ähnlichkeiten der Artenzusammensetzung (Jaccard Index) durchgeführt. Die NMDS Ordination zeigte konsistente Muster über alle fünf Aufnahmetermine mit einer klaren Trennung zwischen den Parzellen der Plug- und der Grubbervariante (Abbildung 11).

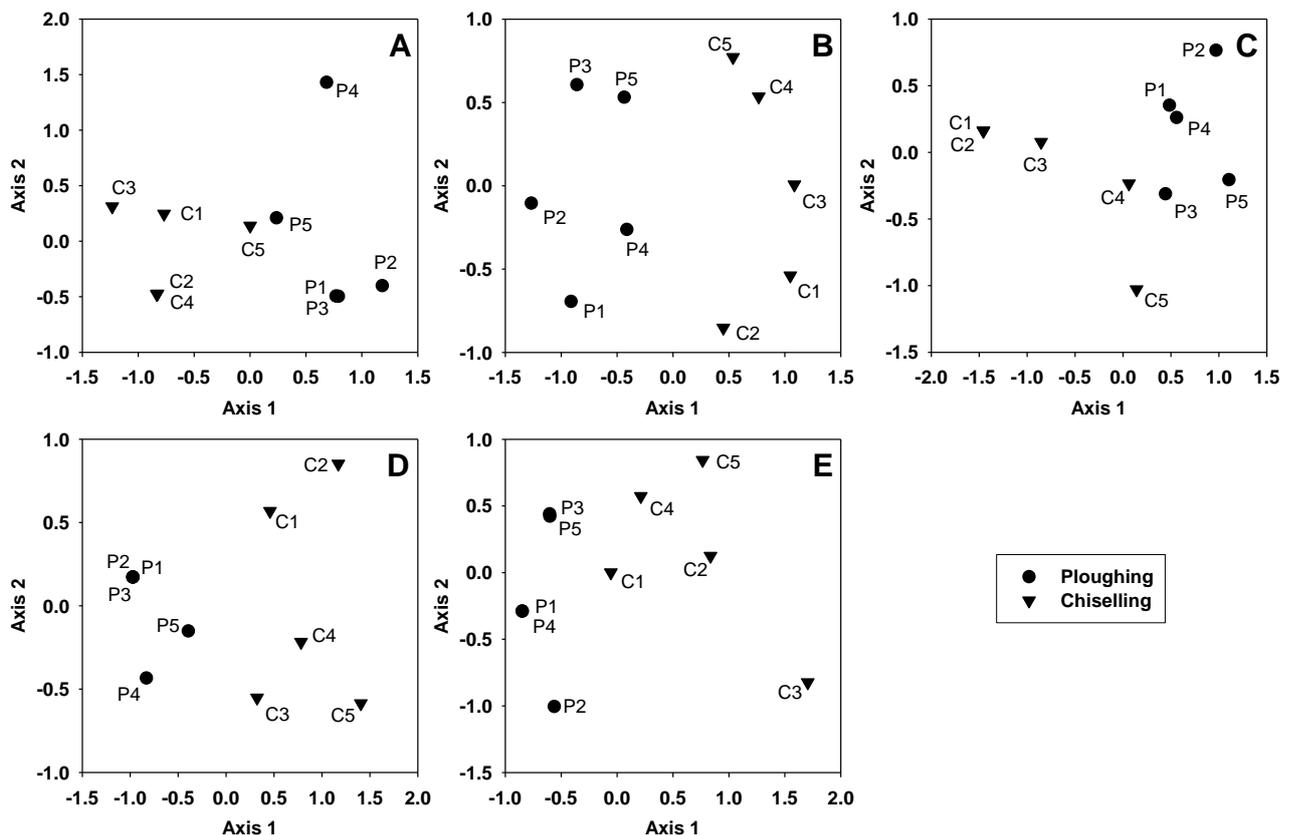


Abbildung 11: Ordination (NMDS) von Beikrautaufnahmen basierend auf der Ähnlichkeit ihrer Artenzusammensetzung (Jaccard Index) auf jeweils fünf Parzellen jeder Bodenbearbeitungsvariante und von fünf Aufnahmetermine.

(A) Winterweizen, 3.4.2012 (Stress: 0), (B) Winterweizen, 26.6.2012 (Stress: 0,11), (C) Zwischenfrucht, 19.10.2012 (Stress: 0,02), (D) Zuckerrüben, 8.5.2013 (Stress: 0,04), (E) Zuckerrüben, 16.9.2013 (Stress: 0,04). Bodenbearbeitungsvarianten: Punkte stehen für Pflug (PL), Dreiecke stehen für Grubber (GR).

Tabelle 15 und 16 zeigen die berechneten Biodiversitätskennzahlen zum Beikrautaufkommen in Winterweizen 2012 und Zuckerrüben 2013 jeweils in frühen Entwicklungsstadien der Kulturen noch vor der ersten Beikrautregulierungsmaßnahme. Trotz der gleichen Anzahl an Beikrautarten in beiden Bodenbearbeitungsvarianten im Winterweizen war die Diversität der Beikräuter bei der Grubbervariante höher als bei der Pflugvariante. Bei der Pflugbearbeitung war eine Beikrautart (Windenknöterich) mit einem Anteil von über 50 Prozent an der gesamten Beikrautdichte sehr dominant, während das Aufkommen der Beikrautarten bei der reduzierten Bearbeitung mit dem Grubber viel ausgeglichener war.

Tabelle 15: Biodiversitätskennzahlen zum Beikrautaufkommen in Winterweizen (3.4./4.4.2012).

Parameter	Pflug (PL)	Grubber (GR)
Shannon-Index	1,19 (0,14) a	1,61 (0,09) b
Evenness	0,61 (0,07) a	0,85 (0,04) b
Simpson-Index	2,66 (0,51) a	4,70 (0,53) b
Artenzahl Beikräuter (gesamt)	9	9

Standardfehler des Mittelwertes in Klammern. Mittelwerte einer Zeile mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test, $P \leq 0,05$)

Bei der Zuckerrübe wurden im Vergleich zur Vorfrucht Winterweizen bei beiden Bodenbearbeitungsvarianten mehr Beikrautarten identifiziert. Beim Variantenvergleich in Zuckerrüben zu diesem Aufnahmeterrain kamen beim Grubbereinsatz drei Beikrautarten mehr auf. Im Gegensatz zum Winterweizen lagen die Biodiversitätskennzahlen jedoch auf gleichem Niveau und unterschieden sich nicht signifikant voneinander, da der Anteil der Arten am gesamten Beikrautaufkommen beim Pflug diesmal ausgeglichener war (Tabelle 16).

Tabelle 16: Biodiversitätskennzahlen zum Beikrautaufkommen in Zuckerrüben (8.5.2013).

Parameter	Pflug (PL)	Grubber (GR)
Shannon-Index	1,95 (0,06) a	2,02 (0,05) a
Evenness	0,82 (0,02) a	0,82 (0,02) a
Simpson-Index	6,08 (0,44) a	6,25 (0,55) a
Artenzahl Beikräuter (gesamt)	13	16

Standardfehler des Mittelwertes in Klammern. Mittelwerte einer Zeile mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test, $P \leq 0,05$)

Erträge und Qualitätsparameter:

Bei Winterweizen führte die ausgeprägte Trockenheit im Jahr 2012 zu starken Ertragsdepressionen in beiden Bodenbearbeitungsvarianten. Die Niederschlagsmengen lagen bereits im Herbst und Winter 2011/2012 unter dem langjährigen Durchschnitt. Die Monate März, April und Mai im Frühjahr 2012 waren sehr warm und trocken (siehe Abbildung 17 im Anhang). Im Versuchsfeld wurde das Problem mit der Trockenheit zusätzlich durch die Vorfrucht Luzerne verschärft, die den durchwurzelbaren Bodenraum sehr effizient entwässern kann. In der Pflugvariante wurde nur ein Kornertrag von 1,35 t/ha erreicht. Der Kornertrag in der Grubbervariante war mit 1,51 t/ha um 12 % höher. Die Effekte der Bodenbearbeitung auf den Kornertrag waren jedoch nicht signifikant (Abbildung 12).

Die Weizenstrohmenge machte bei der Pflugvariante 2,33 t/ha aus, im Vergleich dazu war bei der Grubbervariante der Strohaufwuchs mit 2,28 t/ha etwas geringer. Auffällig bei beiden Varianten waren die im Vergleich zu den Kornerträgen höheren Stroherträge, was auch zu den mit 1,7 beim Plug und 1,5 beim Grubber sehr hohen Korn-Stroh-Verhältnissen führte. Das Weizenstroh blieb bei beiden Varianten als Strohdüngung am Feld.

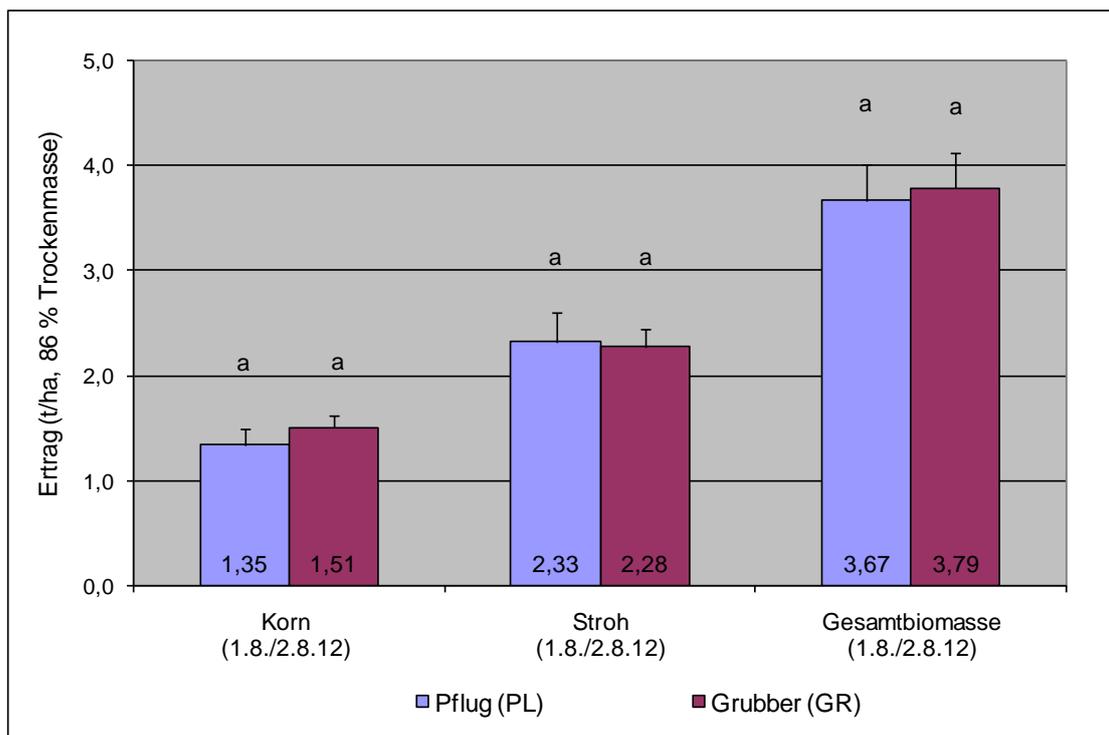


Abbildung 12: Korn-, Stroh- und Gesamtbiomasseertrag von Winterweizen 2012 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.

Standardfehler des Mittelwertes in Balken. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test, $P \leq 0,05$)

Der Rohproteingehalt bei der Pflugvariante war mit 19,2 % deutlich höher als bei der Grubbervariante mit 17,6 %. Beide Werte lagen aufgrund der geringen Kornerträge aber in einem sehr hohen Bereich, deutlich über den Anforderungen für Bioqualitätsweizen mit mindestens 12,0 % und Biopremiumweizen mit mindestens 13,0 % Rohprotein (AGES 2014).

Aufgrund einer ausreichenden Wasser- und Nährstoffversorgung sowie einer effektiven Beikrautkontrolle konnten im Jahr 2013 in beiden Varianten relative hohe Zuckerrübenenerträge erzielt werden. Der Rübenenertrag der Pflugvariante lag um 12 % über dem Ertrag der Grubbervariante, der Unterschied war signifikant (Abbildung 13). Der Biomasseertrag der Rübenblätter und -köpfe machte in beiden Varianten ca. 45 % des jeweiligen Rübenenertrages aus. Der Gesamtbiomasseertrag der Zuckerrüben (Rüben, Köpfe, Blätter) der Pflugvariante war signifikant höher als bei der Grubbervariante.

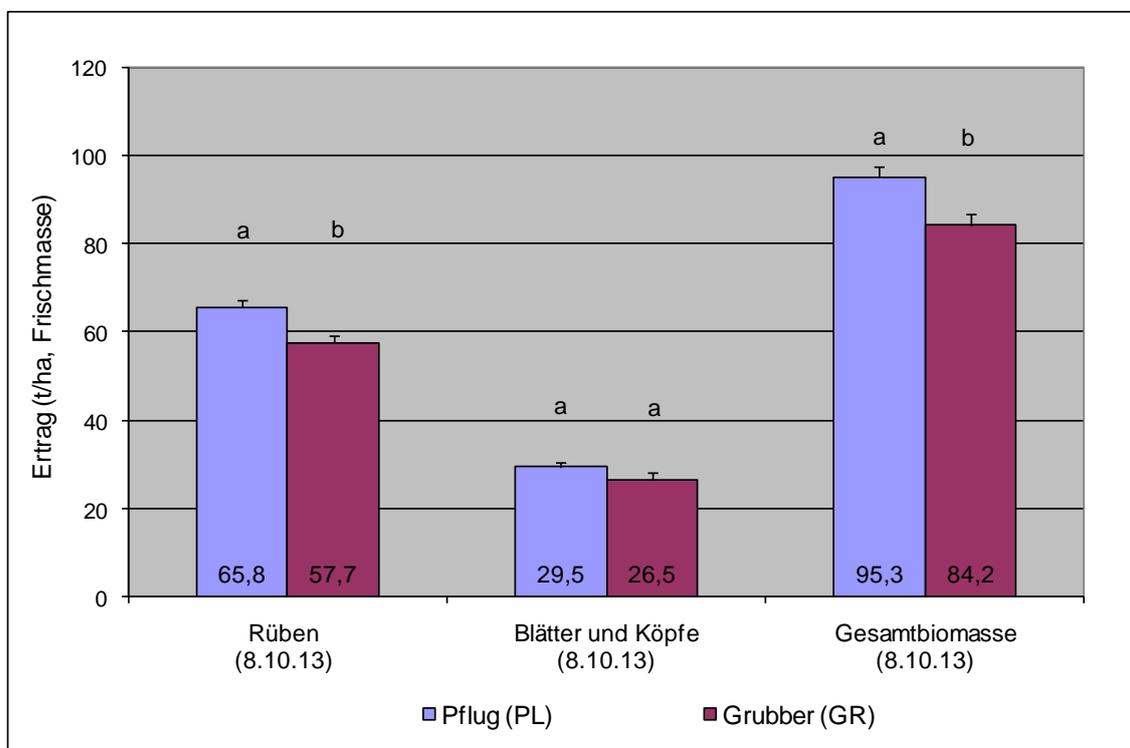


Abbildung 13: Rüben- und Biomasseertrag von Zuckerrüben 2013 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.

Standardfehler des Mittelwertes in Balken. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test, $P \leq 0,05$)

Beinigtheit bei den Zuckerrüben bedeutet, dass die Rübe keine Pfahlwurzel ausbildet, sondern mehrere Wurzeln, die zur Seite austreiben. Ein Grund dafür ist die Reaktion der Rübe auf verdichtete Bodenstrukturen. Eine Auszählung der Rüben nach der Ernte ergab einen Anteil an beinigten Rüben von 38 % bei der Pflugvariante und von 49 % bei der Grubbervariante.

Die Verarbeitungsqualität der Rüben in der Zuckerfabrik ist von äußeren und inneren Qualitätsparametern abhängig. Die inneren Qualitätsparameter bestimmen das Ausmaß an gewinnbarem Zucker. Entscheidend für eine hohe Zuckerausbeute ist ein hoher Zuckergehalt (>16 %) und ein geringer Anteil an den Melassebildnern Kalium, Natrium und Alpha-Amino-N. Die Qualitätsparameter lagen bei beiden Bodenbearbeitungsvarianten auf gleichem Niveau (Tabelle 17).

Tabelle 17: Qualitätsparameter Zuckerrüben in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.

Parameter	Einheit	Pflug (PL)	Grubber (GR)
Zuckergehalt (ZG)	g Zucker/100 g Rübe	18,4 (0,14) a	18,4 (0,09) a
Kalium (K)	mmol/100 g Zucker	20,0 (0,44) a	20,8 (0,57) a
Natrium (Na)	mmol/100 g Zucker	5,6 (0,26) a	5,3 (0,69) a
Alpha-Amino-N (AAN)	mmol/100 g Zucker	13,1 (0,28) a	12,5 (1,60) a
Dicksaftreinheit (DQ)	*	93,9 (0,10) a	93,8 (0,36) a

* $DQ = 99,36 - 0,1427 \cdot (K + Na + AAN)$

Standardfehler des Mittelwertes in Klammern. Mittelwerte einer Zeile mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test, $P \leq 0,05$)

Die Pflugvariante wies sowohl im Korn als auch im Stroh des Winterweizens einen höheren Stickstoffgehalt im Vergleich zur Grubbervariante auf (+0,3 bzw. +0,1 Prozentpunkte). Bei der Zwischenfruchtbiomasse war der N-Gehalt bei der Grubberbearbeitung höher. Beim Zwischenfruchtanbau gab es jedoch im Gegensatz zum Hauptfruchtanbau keine Unterschiede bei den Bodenbearbeitungsmaßnahmen zwischen den Varianten. In den Zuckerrüben waren die N-Gehalte bei den Varianten fast ident. Der N-Gehalt in den Blättern und Köpfe der Rüben lag beim Pflugeinsatz 0,2 Prozentpunkte über der Grubbervariante, jedoch nicht gesichert (Tabelle 17).

Tabelle 18: N-Gehalte in den Pflanzen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.

Kultur	Pflanzenteil	N-Gehalt (%)	
		Pflug (PL)	Grubber (GR)
Winterweizen	Korn*	3,37 (0,03) a	3,09 (0,05) b
Winterweizen	Stroh*	0,87 (0,04) a	0,77 (0,02) b
Zwischenfrucht	Biomasse*	4,95 (0,06) a	5,20 (0,04) b
Zuckerrüben	Rüben**	0,19 (0,00) a	0,18 (0,01) a
Zuckerrüben	Blätter, Köpfe*	2,90 (0,09) a	2,66 (0,10) a

*...N-Gehalt in der Trockenmasse, **...N-Gehalt in der Frischmasse

Standardfehler des Mittelwertes in Klammern. Mittelwerte einer Zeile mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (t-Test, U-Test, $P \leq 0,05$).

Ökologische Bewertung:

Durchführung: Mag. Michaela Theurl, FiBL Österreich

Beratung: Dr. Stefan Hörtenhuber und DI Andreas Surböck, FiBL Österreich

Der Biolandbau setzt sich eine nachhaltige Produktionsweise zum Ziel. Da auch die biologische Produktion in Österreich auf fossilen Energieträgern basiert ist für eine ökologische Bewertung der Treibstoffeinsatz von zentraler Bedeutung. Neben der steigenden Treibstoffkosten und einhergehender steigender Bedeutung für betriebswirtschaftliche ökonomische Überlegungen, hat die Verbrennung von mineralölbasierten Treibstoffen klimatische Folgewirkungen.

Als Kennzahlen einer ökologischen Bewertung dienen Energieeinsatz und Treibhausgasemissionen. Maschinenselbstkosten und Lohnaufwände sowie Kosten für Saatgut und Markterlöse werden als ökonomische Parameter betrachtet. Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der beiden Hauptkulturen Winterweizen und Zuckerrüben beschrieben. Abschließend geben wir einen Überblick zur Gesamtauswertung für die beiden Jahre 2012 und 2013.

Detailauswertung Winterweizen:

Die Ergebnisse in Abbildung 14 zeigen, dass die pfluglose Variante (GR) um 41 % weniger Energie verbraucht und dadurch um 41 % weniger Treibhausgasemissionen pro Flächeneinheit verursacht. Außerdem hat die Grubbervariante einen 12 % höheren Ertrag im Vergleich zur Pflugvariante (PL).

Während die Pflugvariante 204 kg CO₂ pro Hektar verursacht, sind es in der Grubbervariante 121 kg CO₂ pro Hektar bzw. 2757 MJ versus 1636 MJ Energieeinsatz pro Hektar. Der höchste Energieverbrauch und dadurch die höchsten Emissionen für beide Varianten stammen vom Einsatz des Mähdeschers bei der Ernte des Weizens. Die Ernte war gleichzeitig auch der zeitaufwändigste und maschinenkostenintensivste Arbeitsschritt für beide Varianten. Das Pflügen macht rund 30 % an den gesamten Energieaufwänden und Treibhausgasemissionen aus und ist somit zum großen Teil für die Einsparungen der reduzierten Variante mit dem Grubber verantwortlich auch hinsichtlich des Arbeitszeitbedarfes. Ein weiterer Aufwand in der Pflugvariante ist der Einsatz der Saatbeetkombination, auf die in der Grubbervariante verzichtet wurde.

Aufgrund des höheren Ertrages der Grubbervariante konnte ein 12 % höherer Erlös erzielt werden, wobei im Vergleich zur Pflugvariante die Maschinenkosten um 46 % niedriger (238 €/ha) und der Lohnaufwand um 32 % niedriger waren (27 €/ha). Die Arbeitszeiten bzw. Maschinenstunden über alle Bodenbearbeitungsmaßnahmen waren in beiden Varianten vergleichbar und betragen 7 Stunden in der Pflugvariante und 5 Stunden in der Grubbervariante.

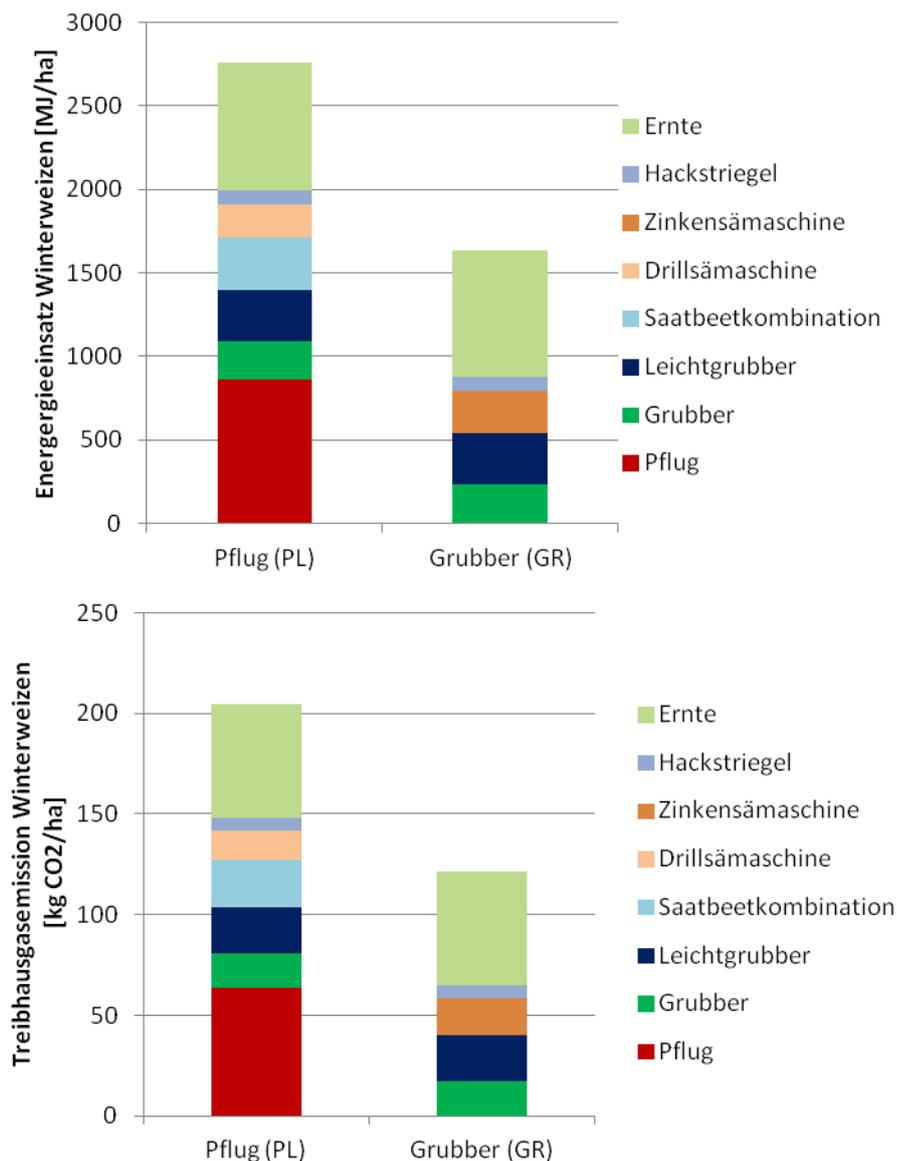


Abbildung 14: Energieeinsatz und Treibhausgasemissionen von Winterweizen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante

Detailauswertung Zuckerrüben:

Die Ergebnisse für die zweite Hauptfrucht Zuckerrübe zeigen ähnlich der ersten Hauptfrucht einen um 26 % geringeren Einsatz von Energie und folglich geringere Treibhausgasemissionen der Grubbervariante in Vergleich zur Pflugvariante (Abbildung 15). Zur richtigen Interpretation der Ergebnisse wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die vorliegende Auswertung außer der Bewirtschaftungsmaßnahmen des Rübenanbaus auch alle Arbeitsschritte der Zwischenfrucht inkludiert. Der Löwenanteil in beiden Varianten ist die Rübenernte, die in der Pflugvariante 43 % und in der Grubbervariante 53 % des gesamten Energieaufwandes bzw. der gesamten Treibhausgasemissionen verursacht. Deutlich erkennbar sind die Aufwände für das Hacken der Rübenkultur in beiden Varianten.

Wie schon beim Winterweizen, sind für die geringeren Energieaufwände der Grubbervariante, der Verzicht auf das Pflügen und die Saatbeetkombination verantwortlich. Der Rübensvollernter hat einen Dieserverbrauch von 59 l bei der Pflugvariante und 54 l bei der Grubbervariante. Der Unterschied im Dieserverbrauch ist durch das unterschiedliche Ertragsniveau der beiden Varianten bedingt (siehe unten).

Die Treibhausgasemissionen pro Hektar Zuckerrübe betragen 364 kg CO₂ in der Pflugvariante und 271 kg CO₂ pro Hektar in der Grubbervariante, während der Energieeinsatz jeweils 4915 MJ und 3657 MJ beträgt.

Die Maschinenstunden beim Zuckerrübenanbau sind in beiden Varianten nahezu gleich und betragen 18 Stunden bei der Pflugvariante und 17 Stunden bei der Grubbervariante. Ein großer Unterschied zwischen Pflug- und Grubbervariante zeigt sich in den Arbeitskraftstunden, was sich auf den Aufwand für das händische Hacken durch LohnarbeiterInnen zurückführen lässt. Insgesamt sind für den Zuckerrübenanbau 126 Arbeitskraftstunden in der Pflugvariante und 89 Stunden in der Grubbervariante notwendig. Die Ergebnisse zeigen im Gegensatz zum Weizenanbau, dass die Grubbervariante im Vergleich zur Pflugvariante um 10 % geringere Maschinenselbstkosten (99 €/ha) verursacht, während die Lohnaufwände um 29 % geringer sind (375 €/ha).

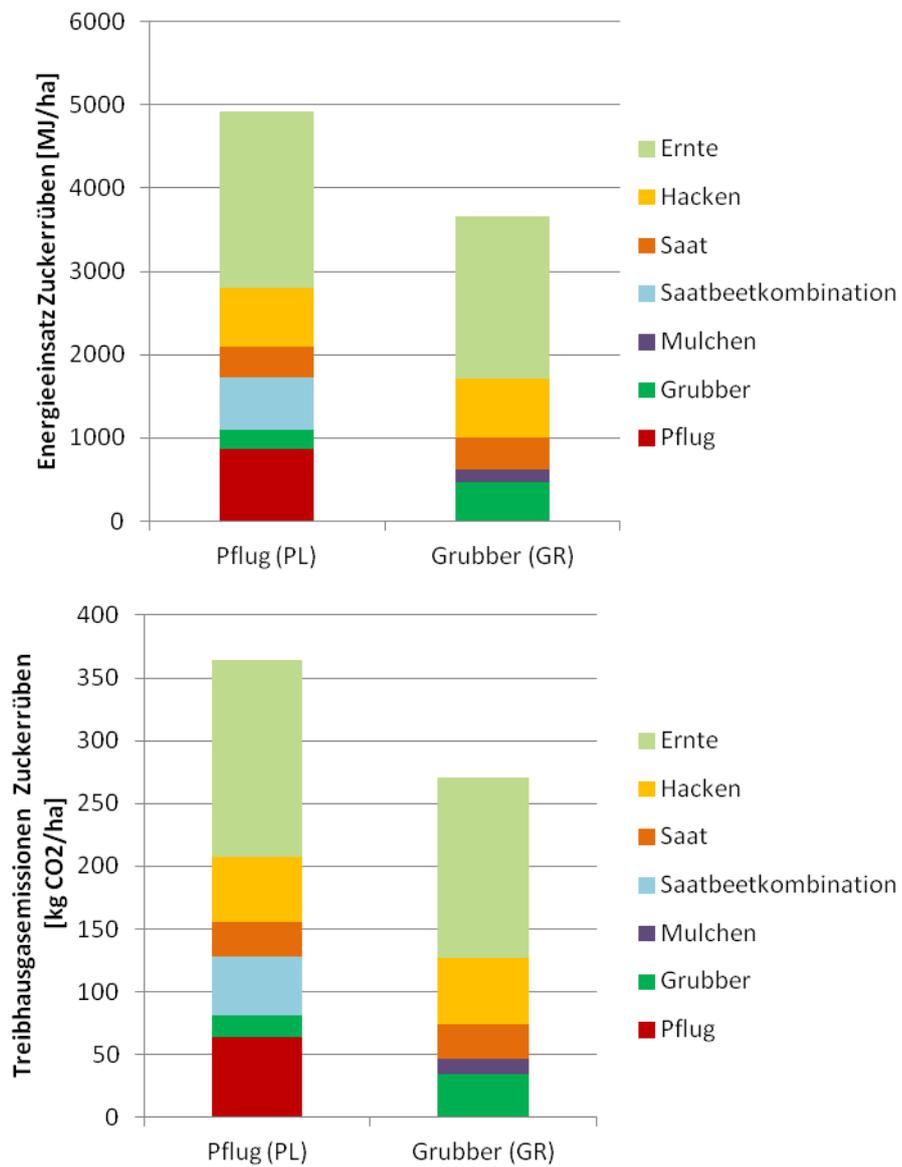


Abbildung 15: Energieeinsatz und Treibhausgasemissionen von Zuckerrüben in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante

Gesamtauswertung:

Die Pflugvariante weist einen höheren Zuckerrübenenertrag auf als die Grubbervariante. Für die Winterweizenerträge ist das Ergebnis umgekehrt (Tabelle 19). Generell war das Ertragsniveau bei den Zuckerrüben im Jahr 2013 als mittel bis hoch einzustufen, während die Erträge des Winterweizens 2012 aufgrund der Trockenheit sehr gering ausfielen.

Tabelle 19: Energieeinsatz bei Winterweizen und Zuckerrüben in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.

Kultur, Anbaujahr	Energieeinsatz (MJ/ha)		Energieeinsatz	Ertrag
	Pflug (PL)	Grubber (GR)	Differenz in %*	Differenz in %*
Winterweizen, 2012	2757	1636	-41	+12
Zuckerrüben, 2013	4915	3657	-26	-12

*relativ zum Energieeinsatz bzw. Ertrag der Pflugvariante (PL)

Der Energieeinsatz korreliert mit den Treibhausgasemissionen was an den relativen Unterschieden zwischen Energieeinsatz und Treibhausgasemissionen der beiden Varianten ersichtlich ist (Abbildung 16). Generell zeigt das Ergebnis, dass die Grubberbasierte Variante (GR) einen deutlich niedrigeren Energieeinsatz pro Hektar aufweist als die Pflugvariante. Wie unsere Berechnungen zeigen, beträgt der Unterschied rund 2,5 GJ/ha mit einem relativen Unterschied zwischen der Pflug- und Grubbervariante von 31 %. Folglich sind auch die Treibhausgasemissionen pro Flächeneinheit um 176 kg CO₂ geringer.

Die Ergebnisse zeigen einen hohen Energieverbrauch bzw. hohe Treibhausgasemissionen der Erntevorgänge. Der Energieverbrauch der Ernte in Abbildung 16 besteht zum größten Teil aus der Rübenernte. Deutlich erkennbar sind der Pflugeinsatz mit mehr als 22,4 % sowie die Saatbeetkombination mit 12,3 %, die in der Grubbervariante gänzlich fehlen. Das Mulchen kommt ausschließlich in der Grubbervariante zum Einsatz und macht mit 3 % einen geringen Anteil aus. Der Aufwand für die Saat mit Drill- bzw. Zinkensämaschine und Einzelkornsaat (Zuckerrübe) ist etwas höher im Energieeinsatz in der Grubbervariante

Generell ist zu beachten, dass in der vorliegenden Bewertung die Treibhausgasemissionen ausschließlich mit dem Treibstoffverbrauch der Bodenbearbeitungs-, Bestellungs- und Erntemaßnahmen in Verbindung stehen. Das bedeutet, dass weder der Energieaufwand für die Produktion des Saatgutes noch die Applikation von Düngemittel und die daraus resultierenden Lachgasemissionen in der Berechnung berücksichtigt werden. Daher sind die Treibhausgasemissionen, gemessen in CO₂ und nicht in CO₂-Äquivalent (CO₂eq) pro kg erzeugtem Erntegutes im Vergleich zu herkömmlichen Berechnungen pro kg Produkt sehr niedrig (vgl. z.B. Theurl et al. 2014; Hörtenhuber et al. 2010).

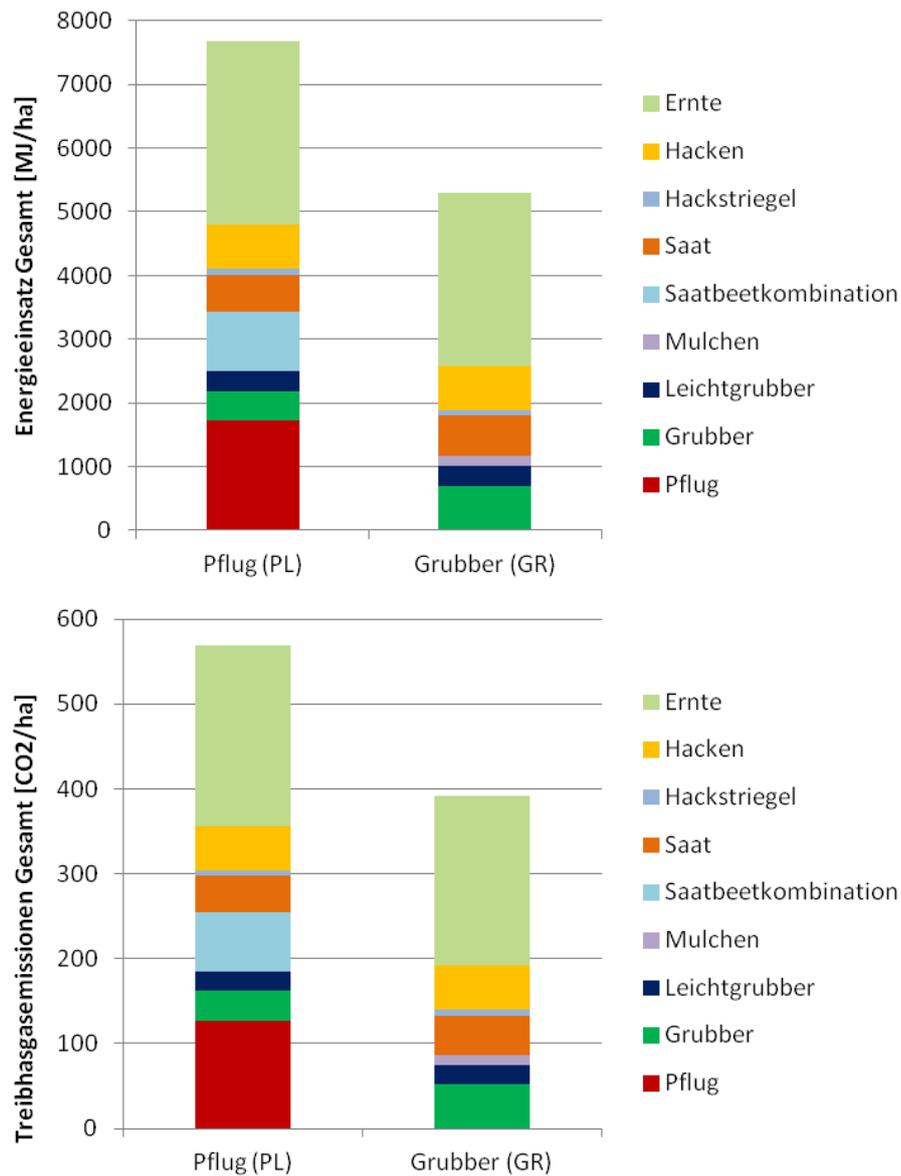


Abbildung 16: Energieeinsatz und Treibhausgasemissionen der Fruchtfolgeglieder Winterweizen und Zuckerrüben (gemeinsame Auswertung) in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante

Ökonomische Bewertung:

Durchführung: Mag. Michaela Theurl, FiBL Österreich

Beratung: DI Andreas Surböck, FiBL Österreich

Eine Auswertung von Kosten und Erlösen wurde durchgeführt, um den landwirtschaftlichen Leistungen und Kosten die Erlöse aus dem Verkauf des Erntegutes gegenüberzustellen. Die Ökonomischen Kennzahlen sind gemeinsam für Winterweizen und Zuckerrüben dargestellt (Tabelle 20).

Die vorliegende Bewertung zeigt ein Ergebnis von 3490 € pro Hektar für die Kulturen der Pflugvariante und 3556 € pro Hektar für die Grubbervariante. Die Differenz ist in beiden Varianten positiv, das heißt, die beiden genannten Beträge bleiben dem Betrieb zur Abdeckung weiterer Kosten und als Gewinnbeitrag. Die Grubbervariante erzielt im Vergleich zur Pflugvariante für Winterweizen und Zuckerrüben mit 66 €/ha eine leicht höhere Einnahme. Die Maschinenselbstkosten für beide Kulturen sind für die Grubbervariante um 338 € pro Hektar geringer und vor allem die Lohnkosten sind um 402 € pro Hektar niedriger als für der Pflugvariante. Der höhere Zuckerrübenenertrag und damit ein deutlich höherer Markterlös vermindert die Differenz und somit den Vorteil der Grubbervariante gegenüber der Pflugvariante. Hinzuweisen ist an dieser Stelle, dass die ökonomische Bewertung weder Europäische noch Österreichische Flächenprämien berücksichtigt.

Ökonomisch betrachtet lässt sich nicht eindeutig festlegen, welche der beiden untersuchten Varianten zu bevorzugen ist.

Tabelle 20: Ökonomische Kennwerte für die Fruchtfolgeglieder Winterweizen und Zuckerrüben in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante

		Pflug (PL)	Grubber (GR)
Ertrag Winterweizen	kg/ha	1349	1509
Ertrag Zuckerrübe	kg/ha	65800	57667
Markterlös Winterweizen	€/ha	672	751
Markterlös Zuckerrüben	€/ha	6098	5344
Leistungen	€/ha	6769	6095
Kosten Saatgut	€/ha	380	380
Maschinenkosten*	€/ha	1522	1184
Arbeitszeitbedarf Lohnansatz	Akh/ha	25	21
Arbeitszeitbedarf Lohnarbeit	Akh/ha	108	72
Lohnansatz, 12 €/Akh	€/ha	297	255
Lohnarbeit, 10 €/Akh	€/ha	1080	720
Gesamtkosten**	€/ha	3280	2540
Differenz	€/ha	3490	3556

*Maschinenkosten = Festkosten (Abschreibung, Zinsanspruch, Kosten für Unterbringung und Versicherung) + variable Kosten (Reparaturkosten, Kosten für Treibstoffe und Schmiermittel)

**Gesamtkosten = Kosten Saatgut + Arbeiterledigungskosten (Maschinenkosten, Lohnansatz und Lohnarbeit)

3. Diskussion und Schlussfolgerungen

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus dem On Farm-Streifenversuch an Hand der gestellten Fragen dazu diskutiert. Ergebnisse aus dem Gesamtprojekt TILMAN-ORG der einzelnen Workpackages werden in die Diskussion eingebunden.

➤ **Können mit der reduzierten Bodenbearbeitung die gleichen oder sogar höhere Erträge im Vergleich zur Bearbeitung mit dem Pflug erzielt werden?**

Die Entwicklung des Winterweizens und der im Winterweizenbestand aufkommenden Beikräuter im On-Farm Versuch wurde von der extremen Trockenheit im Jahr 2012 beeinflusst. Der Trockenstress führte zu einer geringen Bestandesdichte und Kornzahl je Ähre. Das Ertragsniveau des Winterweizens war daher in beiden Bodenbearbeitungsvarianten sehr niedrig. Bei der Entwicklung der Weizenbestände der beiden Bodenbearbeitungsvarianten waren jedoch einige Unterschiede zu beobachten:

Anfang April 2012 in der Bestockungsphase lag die Bodenbedeckung des Weizens bei 46 % in der Pflugvariante und nur bei 22 % in der Grubbervariante. Die tiefere Bearbeitung und dadurch Durchlüftung des Bodens mit dem Pflug könnte zu einer besseren Stickstoffmineralisierung im Frühjahr geführt haben, was die Entwicklung und Bestockung des Winterweizens gefördert hat. Später konnte die Grubbervariante diesen Nachteil jedoch ausgleichen, da der Boden bei dieser Variante eine bessere Wasserhaltefähigkeit aufwies. Diese Annahme wird durch die ermittelten Wassergehaltswerte bei Bestimmung der Trockendichte im Frühjahr 2012 bestätigt. Bei der Grubbervariante war der Wassergehalt im Mittel in den obersten zwei beprobten Bodenschichten (bis 25 cm) um ca. 10 – 20 % im Vergleich zu Pflugvariante höher. Bei der untersten Bodenschicht war der Wassergehalt im Mittel annähernd gleich. So erzielte die reduzierte Bodenbearbeitungsvariante trotz höherer Konkurrenz durch den Luzernedurchwuchs einen etwas, jedoch statistisch nicht gesicherten, höheren Winterweizenkorntag.

Eine verbesserte Wasserversorgung ist auf dem trockenen Standort im Osten Österreichs besonders wichtig. Der positive Einfluss auf den Wasserhaushalt durch die reduzierte Bearbeitung wird auf die Steigerung der Wasserhaltefähigkeit aufgrund eines höheren Feinporenanteils (HANGEN et al. 2002) und auf eine höhere Wasserinfiltration (HAMPL 2003) zurückgeführt. Gründe für eine verbesserte Infiltration von Regenwasser sind, dass über Bioporen in Form von leeren Regenwurmgingen und Wurzelröhren mehr Wasser in den Boden einsickern kann und der Oberflächenabfluss durch die Mulchaufgabe und eine höhere Aggregatstabilität verringert wird.

Bei den Zuckerrüben wurde die Ertragshöhe maßgeblich durch die in der Grubbervariante im Vergleich zur Pflugvariante um 14 % geringere Bestandesdichte beeinflusst, wodurch weniger Rüben je Fläche geerntet werden konnten. Für die Saattbettbereitung zum Zuckerrübenanbau im Frühjahr wurde bei der reduzierten Variante nur einmal der Grubber eingesetzt, während bei der Pflugvariante zweimal die Saattbettkombination zum Einsatz kam. Die Struktur des Saattbettes dürfte dadurch bei der Grubbervariante nicht optimal gewesen sein, zusätzlich könnte eine langsamere Erwärmung des Bodens zu der geringeren Auflauftrate geführt haben.

Im Workpackage 2 des Gesamtprojekts TILMAN-ORG wurde im Rahmen einer umfassenden Meta-Analyse die vorliegende Literatur zur reduzierten Bodenbearbeitung im biologischen Landbau und Ergebnisse aus Feldversuchen der Projektpartner im Hinblick auf Effekte auf Erträge und Beikräuter ausgewertet. Die Analyse zeigte, dass die Erträge bei den verschiedenen Formen der reduzierten Bodenbearbeitung im Vergleich zur tiefen, wendenden Bodenbearbeitung im Mittel um 5-10 % geringer waren. Diese Ertragsreduktionen waren nicht immer mit einem höheren Beikrautauflkommen erklärbar, auch andere Faktoren, wie die Stickstoffmineralisation, können ertragsmindernd wirken (COOPER et al. 2014). Diese Annahme wird durch die Auswertung von Feldversuchen zur reduzierten Bodenbearbeitung und dem Einsatz von Gründüngern im Rahmen des Workpackage 5 des TILMAN-ORG Projekts bestätigt. Die niedrigeren Erträge bei der reduzierten Bearbeitung (-8%) wurden auf eine geringere Menge an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Frühjahr (-15%) zurückgeführt. Die Erträge bei der reduzierten Bearbeitung konnten jedoch mit dem Einsatz einer Gründüngung gegenüber einer Kontrollvariante ohne Gründüngung gesteigert werden.

Besonderer Beachtung bei der reduzierten Bodenbearbeitung bedarf daher die Stickstoffnachlieferung im Frühjahr. Auch WITTEWERT et al. 2013 stellten Ertragssteigerungen bei Winterweizen und Körnermais bei reduzierter Bearbeitung fest, wenn vor den Hauptfrüchten eine Zwischenfrucht angebaut war. Die Erhöhung der Erträge wurde auf die verbesserte Unkrautunterdrückung und dem erhöhten Stickstoffangebot durch die Zwischenfrucht zurückgeführt. In Zusammenhang mit der Stickstoffnachlieferung sollte bei der sehr flachen Bodenbearbeitung auch die Lagerungsdichte des Bodens beobachtet werden. Bei Bedarf ist eine sorgsame Lockerung des Bodens unterhalb der Bearbeitungsschicht, bei entsprechend trockenen Bodenbedingungen und in Verbindung mit einer Lebendverbauung, zu empfehlen.

➤ Wie entwickeln sich die Beikräuter in Abhängigkeit des Bodenbearbeitungssystems und kann mit der reduzierten Bearbeitung die Biodiversität der Beikräuter am Feld erhöht werden?

Das geringe Beikrautauflkommen in beiden Bodenbearbeitungsvarianten im On-Farm Versuch kurz vor Ernte der Kulturen wird auf die Trockenheit im Anbaujahr des Winterweizens, die effektive Beikrautregulierung in den Zuckerrüben und die Fruchtfolgestellung der beiden Kulturen nach mehrjähriger Luzerne mit ihrem hohen Beikrautunterdrückungsvermögen zurückgeführt. Auffällig waren die höheren Beikrautdichten in der Pflugvariante in beiden Jahren jeweils zu Beginn der Vegetationsperiode. Ein Grund dafür könnte die schnellere Erwärmung des Bodens im Frühjahr verbunden mit einer höheren Stickstoffmineralisierung sein, was die Keimung der Beikräuter gefördert hat. Bestätigt wird diese Annahme auch dadurch, dass Nährstoffzeiger, wie z.B. Weißer Gänsefuß oder Kleb-Labkraut bei der Pflugvariante einen höheren Anteil an der gesamten Beikrautdichte ausmachten als in der Grubbervariante.

In verschiedenen Versuchen in Deutschland zum Vergleich der reduzierten Bodenbearbeitung mit einem Grubber mit einem Pflugsystem unter Biobedingungen wurde hingegen ein höherer Beikrautdruck bei den reduzierten Verfahren gefunden (PAFFRATH & STUMM 2010, GRUBER et al. 2010). Im Workpackage 4 des TILMAN-ORG Projekts zeigte die gemeinsame Auswertung mehrerer Versuche ebenfalls einen Trend zu einem

höheren Beikrautaufkommen bei reduzierter Bearbeitung, was jedoch in den meisten Fällen keine Ertragsminderung zur Folge hatte

Ergänzend dazu ist zu sagen, dass für die Beikrautentwicklung nicht nur die Art der Grundbodenbearbeitung entscheidend ist. Auch alle anderen Bewirtschaftungsmaßnahmen, wie Fruchtfolge, organische Düngung, die Intensität der Beikrautregulierung und die weiteren Bodenbearbeitungsmaßnahmen sowie auch der Standort haben Einfluss auf das Beikrautaufkommen.

Deutliche Unterschiede gab es in der Artenzusammensetzung der Beikräuter zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten im On Farm-Versuch in Österreich mit einer höheren Beikrautdiversität in der Grubbervariante. Einerseits traten bei der reduzierten Bearbeitung mehr Beikrautarten auf. Andererseits war der Anteil der einzelnen Beikrautarten am Gesamtbeikrautaufkommen der Varianten unterschiedlich, mit einem höheren Anteil an ausdauernden Arten, wie z.B. Löwenzahn, bei der Grubberbearbeitung. Diese Ergebnisse stimmen mit den Erkenntnissen der gemeinsamen Auswertung der Versuche im Workpackage 4 des TILMAN-Projekts überein, wo ebenfalls eine höhere Diversität, eine unterschiedliche Artenzusammensetzung und mehr ausdauernde Arten bei reduzierter Bearbeitung im Vergleich zum konventionellen System mit dem Pflug festgestellt wurden.

➤ **Kann mit der reduzierten Bodenbearbeitung die Bodenqualität verbessert werden?**

Im On Farm-Versuch kam es durch die reduzierte Bodenbearbeitung mit dem Grubber zu einer deutlichen Anreicherung der organischen Substanz (Humus) in der obersten Bodenschicht. Über den gesamten Bodenhorizont (0 bis 50 cm) traten hingegen keine Unterschiede zwischen den Bearbeitungsvarianten auf. Dieses Ergebnis wird durch die gemeinsame Auswertung weiterer Versuche des TILMAN-ORG Projekts im Rahmen des Workpackage 4 bestätigt, wo ebenfalls signifikant höhere Humusvorräte in der obersten Bodenschicht bei reduzierter Bearbeitung im Vergleich zur Pflugbearbeitung festgestellt wurden, während sich die Humusmengen im gesamten Bodenhorizont bis 50 cm nicht unterschieden (FLIEßBACH et al. 2014). Als wesentliche Ursache für die Akkumulation von organischer Substanz im Oberboden wird die geringe Einarbeitungstiefe von Pflanzenresten und organischen Düngern bei reduzierter Bearbeitung angesehen (PEIGNÉ et al. 2007). Die mikrobielle Biomasse ist ein wichtiges Maß für die Leblichkeit des Bodens. Diese war ebenfalls sowohl im On-Farm Versuch als auch bei den weiteren Versuchen im Projekt in der obersten Bodenschicht deutlich erhöht, während in den unteren Bodenschichten meist keine Unterschiede zwischen reduzierter und konventioneller Bearbeitung gefunden wurden.

Ein Effekt der höheren biologischen Aktivität und von mehr organischer Substanz im Oberboden bei reduzierter Bodenbearbeitung ist eine Erhöhung der Aggregatstabilität im Vergleich zum Pflugeinsatz (HAMPL 2010, KAINZ et al. 2003). Die Vorteile einer höheren Aggregatstabilität liegen in der geringeren Neigung des Bodens zu Erosion und Verschlammung. Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung führen im Vergleich zum Pflugsystem auch zu einer höheren Abundanz von Regenwürmern (KUNTZ et al. 2013,

KAINZ 2010), welche vielfältige Aufgaben für eine hohe Bodenfruchtbarkeit wahrnehmen.

› In welchem Ausmass kann mit der reduzierten Bodenbearbeitung der Energieverbrauch reduziert werden?

Im On-Farm Versuch war der direkte Energieeinsatz je Flächeneinheit bei der reduzierten Bearbeitungsvariante mit dem Grubber sowohl beim Winterweizen- als auch beim Zuckerrübenanbau geringer als bei der Pflugvariante. Über beide Kulturen gerechnet machte die Energieeinsparung 31 % aus. Der geringere Energieeinsatz beruht auf den niedrigeren Dieserverbrauch aufgrund des geringeren Zugkraftbedarfs bei verringerter Arbeitstiefe und der größeren Arbeitsbreite des Grubbers im Vergleich zum Pflug. Auch die Überfahrten waren bei der Grubbervariante geringer, da bei diesem System keine Saatbeetkombination eingesetzt wurde. Zu bedenken ist, dass der Dieserverbrauch an Hand der Bewirtschaftungs- und Standortdaten des Versuchs mit Standardwerten berechnet und nicht direkt gemessen wurde.

Versuche mit direkter Messung des Dieserverbrauchs bestätigen aber das hohe Einsparpotential beim Treibstoffverbrauch bei den reduzierten Verfahren. Bei einem Feldversuch unter konventionellen Produktionsbedingungen im Marchfeld in Niederösterreich, und damit ähnlichen Klima- und Bodenbedingungen wie im On-Farm Versuch, wurde eine Pflugbearbeitung mit einer flachen Bearbeitung mit einem Grubber verglichen. Die direkte Messung des Dieserverbrauchs beim Winterweizenanbau zeigte einen um 33 % geringeren Treibstoffverbrauch des reduzierten Verfahrens gegenüber der Pflugvariante (MOITZI et al. 2013). In Südengland wurde in einem Feldversuch auf einem biologisch bewirtschafteten Praxisbetrieb eine Pflugbearbeitung mit einer reduzierten Bearbeitung mit dem Ecodyn-Grubber verglichen. Trotz der sehr geringen Bearbeitungstiefe des Pfluges (ca. 15 cm) kam es beim Anbau eines Hafers zu deutlichen Einsparungen beim Dieserverbrauch bei der Grubbervariante (DÖRING et al. 2013).

Die Bearbeitung mit dem Grubber benötigt im Vergleich zum Pflügen einen geringeren Zeitaufwand. Zusätzlich konnte im On-Farm Versuch in Österreich Arbeitszeit mit der geringeren Anzahl an Bearbeitungsschritten eingespart werden. Mit der Reduktion von Treibstoff und Arbeitszeit wurden daher in der Grubbervariante die Kosten verringert. Aufgrund des höheren Zuckerrübenenertrages und damit Markterlöses wurde dieser Kostenvorteil jedoch ausgeglichen. In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit waren daher beide Varianten als gleichwertig zu bewerten.

Fazit:

Mit den Ergebnissen aus dem Gesamtprojekt sowie den Erkenntnissen aus dem On Farm-Versuch und der Betriebsbefragung in Österreich wurden wichtige Hinweise für eine erfolgreiche Umsetzung einer reduzierten Bodenbearbeitung im biologischen Anbau erhalten. Die Ergebnisse zeigten aber auch die Herausforderungen und Ansatzpunkte für die Weiterentwicklung dieser Bodenbearbeitungssysteme unter biologischen Produktionsbedingungen auf.

Die Anreicherung von organischer Substanz und Förderung des Bodenlebens in der obersten Bodenschicht führt zu einer stabileren Oberflächenstruktur des Bodens. Positive Effekte daraus sind eine erhöhte Wasseraufnahme und -speicherung und damit insgesamt eine verbesserte Wasserversorgung, was in Anbauregionen mit trockenem Klima besonders wichtig ist. Bei der reduzierten Bearbeitung ist mit einem höheren Beikrautaufkommen zu rechnen, das aber regulierbar ist und meist nicht ausschlaggebenden Einfluss auf die Ertragshöhe hat. Die Erträge bei der reduzierten Bearbeitung sind geringer als beim Pflugeinsatz. Zentraler Ansatzpunkt für die Erhöhung und Stabilisierung der Erträge ist eine Verbesserung der Stickstoffverfügbarkeit im Frühjahr. Mit der Reduktion der Bearbeitungsintensität werden der Energieeinsatz verringert und Kosten eingespart. Ökonomische Vorteile daraus sind aber nur bei Erreichen entsprechender Erträge zu ziehen.

Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung im Biolandbau, vor allem die sehr flache Bearbeitung, sind anspruchsvoll und brauchen auch viel Erfahrung und Genauigkeit in der Umsetzung. Wichtig ist ein auf die jeweilige Betriebssituation und die Standortbedingungen abgestimmtes Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung zu entwickeln.

4. Danksagung

Sehr herzlich bedanken möchten sich die Autoren bei Christian Weinbub für seine Initiative zur Anlage des Feldversuchs zur reduzierten Bodenbearbeitung, für seine engagierte und kompetente Betreuung des Versuchsfeldes, für die Bereitstellung von Daten sowie die sehr gute Zusammenarbeit.

Herzlichen Dank auch an Manuel Böhm, Franz Brunner, Johannes Doppelbauer, DI Martin Fischl, DI Heinz Köstenbauer, Andreas Sarg, DI Dominik Sima und Franz Traudtner für Ihre Unterstützung bei der Betriebsbefragung und an die Bio-Bäuerinnen und Bio-Bauern für das Ausfüllen des Fragebogens mit dem Einbringen ihres Wissens und ihrer Erfahrungen.

Großer Dank geht an die Gesamtprojektleitung und die jeweiligen LeiterInnen der Workpackages für die umsichtige und kompetente Leitung und Koordination, insbesondere an Dr. Paul Mäder und Dr. Andreas Fließbach, sowie an alle Projektpartner für die sehr gute Zusammenarbeit und den wichtigen Erfahrungsaustausch.

Dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft danken wir für die Förderung des österreichischen Projektteils.

5. Literatur

AGES (Hrsg.) (2014): Österreichische Beschreibende Sortenliste 2014, Landwirtschaftliche Pflanzenarten. Schriftenreihe 21/2014; ISSN 1560-635X.

BÀRBERI, P., AENDEKERK, R., ANTICHI, D., ARMENGOT, L., BERNER, A., BIGONGIALI, F., BLANCO-MORENO, J.M., CARLESI, ST., CELETTE, F., CHAMORRO, L., CROWLEY, O., DÖRING, T., GROSSE, M., HAASE, T., HEß, J., HUITING, H., JOSÉ-MARÍA, L., KLAEDTKE, ST., KRANZLER, A., LUIK, A., PEIGNÉ, J., SUKKELE, W., SURBÖCK, A., TALGRE, L., SANS, FX. (2014): Reduced tillage and cover crops in organic arable systems Preserve weed diversity without jeopardising crop yield. In: RAHMANN G & AKSOY U (Eds.) (2014) Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. *'Building Organic Bridges'*, at the Organic World Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey.

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2006): Richtlinien für die sachgerechte Düngung. Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft. 6. Auflage. Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz des BMLFUW.

BMLFUW (2012) Vollkostenauswertung im land- und forstwirtschaftlichen Betrieb. Benutzerhandbuch zur Excel-Anwendung, Beschreibung der Kennzahlen und Hinweise zur Planungsrechnung. Wien.

CASAGRANDE, M., PEIGNÉ, J., DAVID, CH., FRANCISCO XAVIER SANS, F.X., BLANCO-MORENO, J.M, COOPER, J, GASCOYNE, K, ANTICHI, D., BÀRBERI, P., BIGONGIALI, F., SURBÖCK, A., KRANZLER, A., BEECKMAN, A., WILLEKENS, K., LUIK, A., PEETSMAN, E., GROSSE, M., HEß, J., CLERC, M., DIERAUER, H.; MÄDER, P. (2014): Organic Famers in Europe: motivations and problems for using Conservation agriculture practices. In: RAHMANN G & AKSOY U (Eds.) (2014) Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. *'Building Organic Bridges'*, at the Organic World Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey.

COOPER, J., BARANSKI, M., NOBEL DE LANGE, M., BARBERI, P., FLIESSBACH, A., PEIGNE, P., BERNER, A., BROCK, C., CASAGRANDE, M., CROWLEY, O., DAVID, C., DE VliegHER, A., DÖRING, T., ENTZ, M., GROSSE, M., HAASE, T., HALDE, C., HAMMERL, V., HUITING, H., LEITHOLD, G., MESSMER, M., SCHLOTER, M., SUKKEl, W., VAN DER HEIJDEN, M., WILLEKENS, K., WITTEWER, R., MÄDER P. (2014): Effects of reduced tillage in organic farming on yield, weeds and soil carbon: Meta-analysis. In: RAHMANN G & AKSOY U (Eds.) (2014) Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey.

GRUBER, S., PEKRUN, C., CLAUPEIN, W. (2010): 10 Jahre Feldversuche zu Unkrautauflkommen bei reduzierter Stoppel- und Grundbodenbearbeitung im Ökologischen Landbau. In: SCHMIDT, H. (Hrsg.): Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen. Verlag Dr. Köster, Berlin, 267-271.

DÖRING, T.F., CROWLEY, O., SMITH, J. (2013): Reduzierte Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau – Erfahrungen mit dem Ecodyn-Kultivator aus On-Farm Feldversuchen in Südeuropa. In: PEKRUN, C., WACHENDORF, M. und FRANCKE-WELTMANN, L. (Hrsg.): Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 25. Verlag Liddy Halm, Göttingen 2013.

FLIEßBACH, A., V. HAMMERL, D. ANTICHI, P. BARBERI, A. BERNER, C. BUFE, P. DELFOSSE, A. GATTINGER, M. GROSSE, T. HAASE, J. HEß, C. HISSLER, P. KOAL, A. KRANZLER, M. KRAUSS, P. MÄDER, J. PEIGNÉ, K. PRITSCH, E. REINTAM, A. SURBÖCK, J.-F. VIAN, M. SCHLOTER (2014): Soil quality changes in field trials comparing organic reduced tillage to plough systems across Europe. In: RAHMANN G & AKSOY U (Eds.) (2014) Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey.

HAMPL, U. (2003): Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung: Ergebnisse nach sieben Jahren. In: B. Freyer (Hrsg.): Ökologischer Landbau der Zukunft. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Institut für Ökologischen Landbau der Universität für Bodenkultur, Wien, 455-456.

HAMPL, U. (2010): Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung – ein Forschungs- und Demonstrationsprojekt der Stiftung Ökologie & Landbau. In: SCHMIDT, H. (Hrsg.): Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen. Verlag Dr. Köster, Berlin, 262-266.

HANGEN, E., U. BUCZKO, O. BENS, J. BRUNOTTE, und R.F. HÜTTL (2002): Infiltration patterns into two soils under conventional and conservation tillage: influence of the spatial distribution of plant root structures and soil animal activity. Soil & Tillage Research, 63, 181-186.

HÖRTENHUBER, S., LINDENTHAL, T., AMON, B., MARKUT, T., KIRNER, L.; ZOLLITSCH, W. (2010): Greenhouse gas emissions from selected Austrian dairy production systems—model calculations considering the effects of land use change. Renew. Agric. Food Syst. 25(04):316–329. doi:10.1017/S1742170510000025

IPCC (2014) online: <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/sroc/Tables/t0305.pdf>

KAINZ, M. (2010): Wirkungen differenzierter Bodenbearbeitungssysteme im Dauerversuch Scheyern. In: SCHMIDT, H. (Hrsg.): Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen. Verlag Dr. Köster, Berlin, 272-276.

KAINZ, M., KIMMELMANN, S., REENTS, H.J. (2003): Bodenbearbeitung im Ökolandbau-Ergebnisse und Erfahrungen aus einem langjährigen Feldversuch. In: FREYER, B. (Hrsg.): Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Institut für Ökologischen Landbau der Universität für Bodenkultur, Wien, 33-36.

KUNTZ, M., BERNER, A., GATTINGER, A., SCHOLBERG, J.M., MÄDER, P., PFIFFNER, L. (2013): Influence of reduced tillage on earthworm and microbial communities under organic arable farming. Pedobiologia 56 (2013), 251-260.

MIT (2014) online:

<http://www.carbonlighthouse.org/wpcontent/uploads/2010/10/UnitsAndConversions.pdf>

MOITZI, G., SCHÜLLER, M., SZALAY, T., WAGENTRISTL, H., REFENNER, K., WEINGARTMANN, H., BOXBERGER, J., GRONAUER, A. (2013): Energy consumption and energy efficiency of different tillage systems in the semi-arid region of Austria. *Agricultural Engineering*, No. 4, 25-33.

ÖKL (2014) Pauschalrichtwerte für flächenbezogene Arbeitsgänge. Online: <http://oekl.at/wp-content/uploads/2010/11/RW-2014-4-Pauschalrichtwerte-f%C3%BCr-fl%C3%A4chenbezogene-Arbeitsg%C3%A4nge.pdf>

PAFFRATH, A., STUMM, C. (2010): Systemvergleich wendende und nicht wendende Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau. In: SCHMIDT, H. (Hrsg.): *Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen*. Verlag Dr. Köster, Berlin, 252-256.

PEIGNÉ, J., CASAGRANDE, M., DAVID, C., SANS, F.X.; BLANCO-MORENO, J.M., COOPER, C., GASCOYNE, K., ANTICHI, D., BÄRBERI, P., BIGONGIALI, F., SURBÖCK, A., KRANZLER, A., BEECKMAN, A., WILLEKENS, K., LUIK, A., MATT, D., GROSSE, M., HEß, J., CLERC, M., DIERAUER, H., MÄDER, P. (2014): Diversity of conservation agriculture practices among European organic farmers. In: RAHMANN G & AKSOY U (Eds.) (2014) *Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges'*, at the Organic World Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey.

PEIGNÉ, J., BALL, B.C., ROGER-ESTRADE, J., DAVID, C. (2007): Is conservation tillage suitable for organic farming? A review. *Soil Use and Management*, 23, 129-144.

SMITH, T.M. & SMITH, R.L. (2009): *Ökologie*. Dt. Ausg. bearb. und erg. von Anselm Kratochwil. Aus dem Amerikan. von Dietmar Zimmer und Sebastian Vogel. 6., aktualisierte Auflage. München [u.a.]: Pearson, 2009. XXVI, 982 S. – (Pearson Studium – Biologie).

THEURL, M.C., LINDENTHAL, T., HÖRTENHUBER, S.J.; DRAPELA, T., LEIFERT, C. (2014); Environmental impact of organic farming and food production – Review in *Advances in organic food safety and quality* Edited by C. Leifert, G. Butler and C. Benbrook - bookchapter – forthcoming

WITTEW, R., B. DORN, W. JOSSI, U. ZIHLMANN und M. VAN DER HEIJDEN (2013): Zwischenfrüchte als wichtiges Puzzleteil für den pfluglosen ökologischen Landbau. In D. Neuhoff, C. Stumm, S. Ziegler, G. Rahmann, U. Hamm und U. Köpke (Hrsg.): *Ideal und Wirklichkeit - Perspektiven Ökologischer Landbewirtschaftung*. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5. – 8. März 2013, Verlag Dr. Köster, Berlin. 46-49.

ZAMG (2014): online: <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/jahrbuch>

6. Anhang

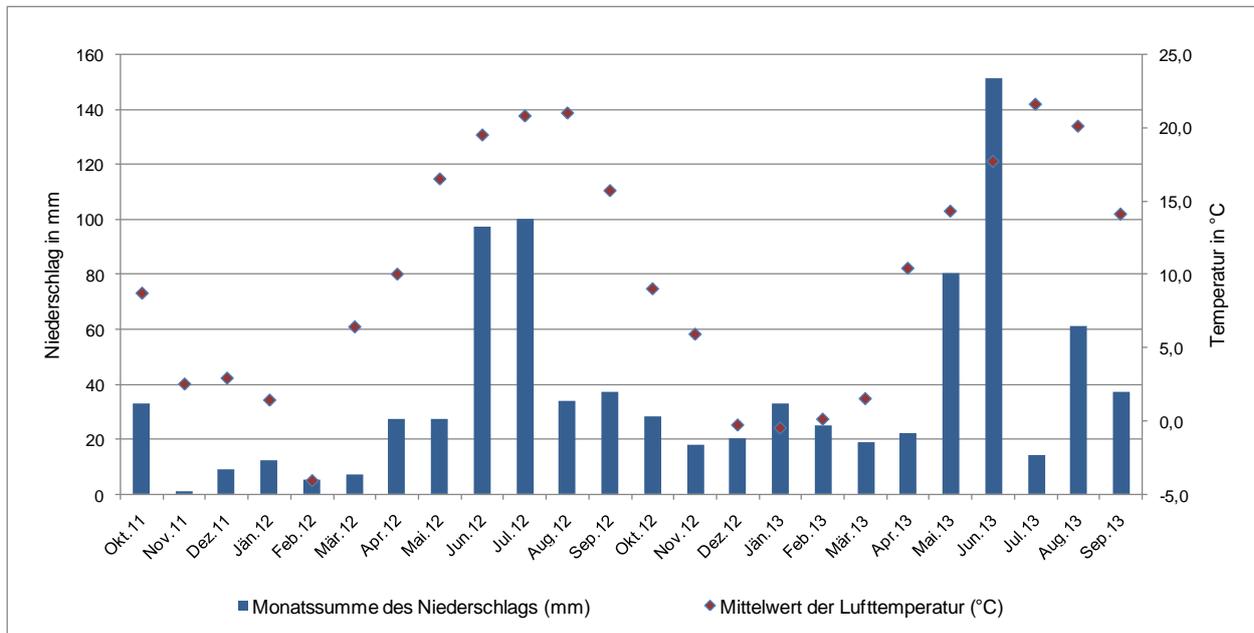


Abbildung 17: Mittlere monatliche Niederschlagssumme und mittlere monatliche Lufttemperatur im Zeitraum Oktober 2011 bis September 2013 der Wetterstation Schöngrabern (ca. 3 Kilometer Entfernung vom Versuchsfeld; Quelle: ZAMG 2014).

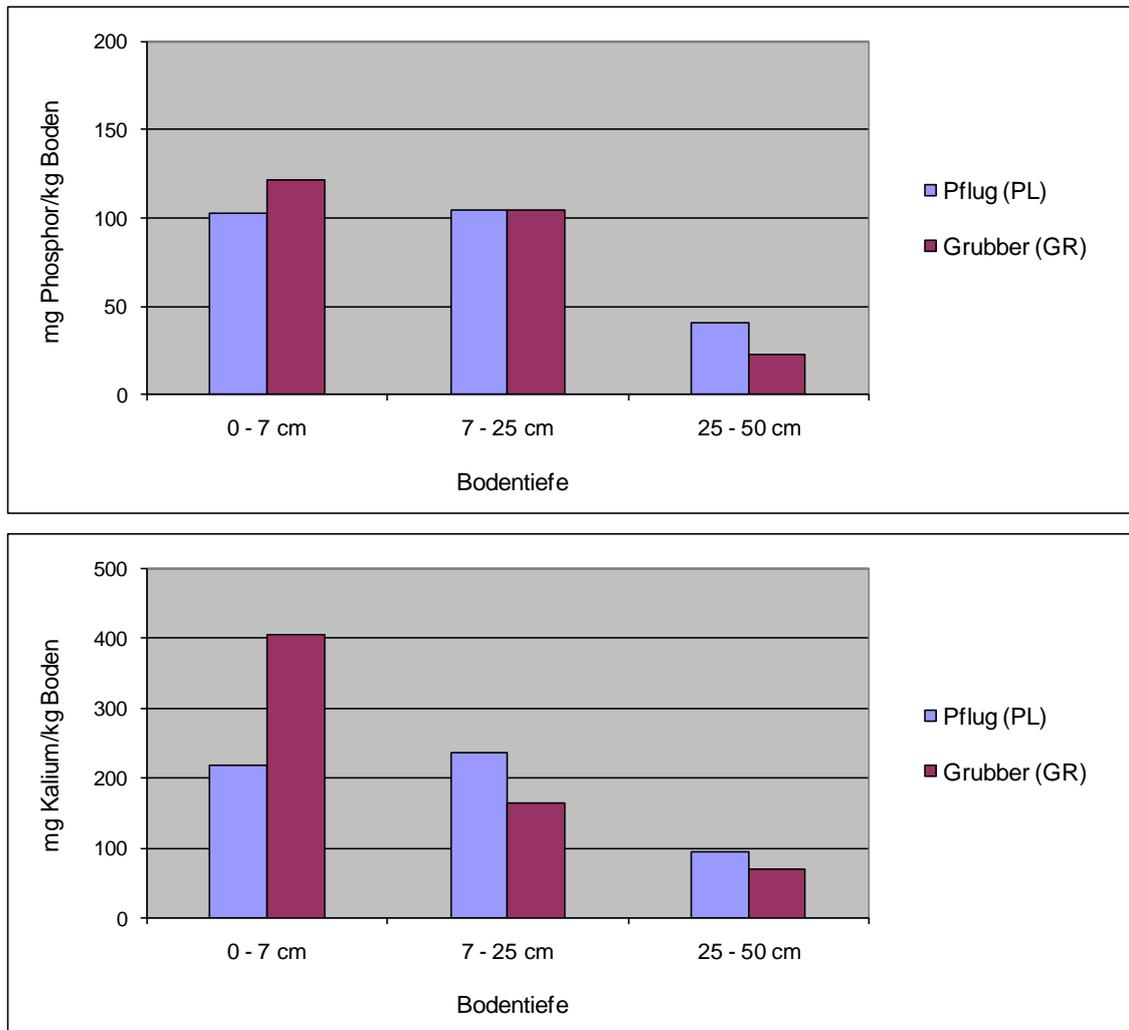


Abbildung 18: Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor (P_{CAL}) und Kalium (K_{CAL}) in drei Bodentiefen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.

7. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Projektstruktur TILMAN-ORG	4
Abbildung 2: Wichtigkeit der Beweggründe der befragten Betriebe (n=16) für die Durchführung der reduzierten Bodenbearbeitung.	11
Abbildung 3: Wichtigkeit der Beweggründe der befragten Betriebe (n=16) für die Durchführung einer Gründung.	12
Abbildung 4: Bedeutung der Schwierigkeiten der befragten Betriebe (n=16) bei der Durchführung der reduzierten Bodenbearbeitung.	13
Abbildung 5: Bedeutung der Schwierigkeiten der befragten Betriebe (n=16) bei der Durchführung einer Gründung.	14
Abbildung 6: Schematische Darstellung Design On-Farm Versuch.....	17
Abbildung 7: Trockendichte in g/cm ³ in drei Bodentiefen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.....	25
Abbildung 8: Vorrat an organischen Kohlenstoff (C _{org}) in t/ha in verschiedenen Bodentiefen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (18.4.2012).....	26
Abbildung 9: Mikrobieller Kohlenstoff (C _{mic}) und Stickstoff (N _{mic}) sowie gelöster organisch gebundener Kohlenstoff (DOC) in unterschiedlichen Bodentiefen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (18.4.2014).....	27
Abbildung 10: Beikrautdeckung (%) und -biomasse (g/m ²) sowie Zwischenfruchtbiomasse (g/m ²) in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.	30
Abbildung 11: Ordination (NMDS) von Beikrautaufnahmen basierend auf der Ähnlichkeit ihrer Artenzusammensetzung (Jaccard Index) auf jeweils fünf Parzellen jeder Bodenbearbeitungsvariante und von fünf Aufnahmetermen.	33
Abbildung 12: Korn-, Stroh- und Gesamtbiomasseertrag von Winterweizen 2012 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.	35
Abbildung 13: Rüben- und Biomasseertrag von Zuckerrüben 2013 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.....	36
Abbildung 14: Energieeinsatz und Treibhausgasemissionen von Winterweizen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.....	39
Abbildung 15: Energieeinsatz und Treibhausgasemissionen von Zuckerrüben in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.....	41
Abbildung 16: Energieeinsatz und Treibhausgasemissionen der Fruchtfolgeglieder Winterweizen und Zuckerrüben (gemeinsame Auswertung) in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.....	43
Abbildung 17: Mittlere monatliche Niederschlagssumme und mittlere monatliche Lufttemperatur im Zeitraum Oktober 2011 bis September 2013 der Wetterstation Schöngrabern (ca. 3 Kilometer Entfernung vom Versuchsfeld; Quelle: ZAMG 2014).	53
Abbildung 18: Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor (P _{CAL}) und Kalium (K _{CAL}) in drei Bodentiefen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante.	54

Tabelle 1: Bewertungsskala zur Frage der Motive und Schwierigkeiten im Fragebogen.	8
Tabelle 2: Größenstruktur der befragte Betriebe (n=16)	9
Tabelle 3: Fruchtfolge des Versuchsfeldes	18
Tabelle 4: Übersicht zu den Bewirtschaftungsmaßnahmen in den Jahren 2012 und 2013 im On-farm Streifenversuch mit den Bodenbearbeitungsvarianten Pflug (PL) und Grubber (GR)	19
Tabelle 5: Übersicht über die Erhebungen zur Beikraut- und Ertragsentwicklung im On-Farm Versuch	21
Tabelle 6: Bodentextur und pH-Wert der Versuchsfläche (18.4.2012)	24
Tabelle 7: Gesamtstickstoffgehalte (in %) und Gehalte an organischen Kohlenstoff (in %) in drei Bodentiefen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (18.4.2012).	25
Tabelle 8: Beikrautdichte (Pflanzen/m ²), Beikrautdeckung (%) und -biomasse (g/m ²) in Winterweizen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante	28
Tabelle 9: Anteil der Beikrautkategorien (Anteil in % an der gesamten Beikrautdichte), Gesamtbeikrautdichte (Pflanzen/m ²) und Anzahl der Beikrautarten in Winterweizen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (3.4./4.4.2012)	29
Tabelle 10: Gesamtartenzahl der Beikräuter und Artenzahlen nach Beikrautkategorien in Winterweizen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (26.6./28.6.2012)	29
Tabelle 11: Gesamtartenzahl der Beikräuter und Artenzahlen nach Beikrautkategorien in der Zwischenfrucht in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (19./20.10.2012)	31
Tabelle 12: Beikrautdichte in Zuckerrüben (Pflanzen/m ²) und Bestandesdichte Zuckerrüben (Pflanzen/ha) in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante	31
Tabelle 13: Anteil der Beikrautkategorien (Anteil in % an der gesamten Beikrautdichte), Gesamtbeikrautdichte (Pflanzen/m ²) und Anzahl der Beikrautarten in Zuckerrüben in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (08.05.2013)	32
Tabelle 14: Gesamtartenzahl der Beikräuter und Artenzahlen nach Beikrautkategorien in der Zuckerrübe in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante (16.09.2013)	32
Tabelle 15: Biodiversitätskennzahlen zum Beikrautaufkommen in Winterweizen (3.4./4.4.2012)	34
Tabelle 16: Biodiversitätskennzahlen zum Beikrautaufkommen in Zuckerrüben (8.5.2013)	34
Tabelle 17: Qualitätsparameter Zuckerrüben in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante	37
Tabelle 18: N-Gehalte in den Pflanzen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante	37
Tabelle 19: Energieeinsatz bei Winterweizen und Zuckerrüben in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante	42
Tabelle 20: Ökonomische Kennwerte für die Fruchtfolgeglieder Winterweizen und Zuckerrüben in Abhängigkeit der Bodenbearbeitungsvariante	44